Neue Theorie

der

Elektrizität und des Magnetismus

in ihren Beziehungen

auf

Schall, Licht und Wärme

von

Ph. Spiller.

Dritte, erweiterte Auflage mit 5 Figuren im Texte.

Berlin, 1861.

Druck und Verlag von E. S. Mittler und Sohn.

(Zimmerstraße 84. 85.)



Haec studia senectutem oblectant, adversis rebus perfugium et solatium praebent.

Cicero pro Archia.

Vorwort zur dritten Ausgabe.

Schon im Jahre 1855 habe ich in dem Schriftchen:

> „Gemeinschaftliche Prinzipien für die Erscheinungen des Schalles, des Lichtes, der Wärme, des Magnetismus und der Elektrizität"

die Grund-Ideen zu einer neuen Theorie des Magnetismus und der Elektrizität niedergelegt. Im Jahre 1858 sind in der Schrift:

> „Das Phantom der Imponderabilien in der Physik. Ein Versuch zu einer neuen Theorie des Magnetismus und der Elektrizität in ihren Beziehungen auf Schall, Licht und Wärme"

die obigen Prinzipien vollständiger begründet, durchgeführt und mit den Erscheinungen in Einklang gebracht worden. Ich lasse jetzt die neue Auflage als dritte erscheinen, indem ich die beiden obigen Werkchen zur Erleichterung des Verständnisses für den auch weniger durchgebildeten Naturfreund in dieser Schrift habe aufgehen lassen und hin und wieder auf ganz elementare Gesichtspunkte zurückgehe. Den Titel habe ich etwas geändert, weil in der That die absurde Idee von imponderablen Stoffen mehr und mehr verschwindet. Auf Literatur lasse ich mich der Kürze wegen nicht ein, weil der Kenner wohl wissen wird, ob die zur Begründung meiner Behauptungen in sehr großer Anzahl aufgeführten Thatsachen schon bekannte oder neu ermittelte sind. Man wird Vieles von ganz neuen Gesichtspunkten aufgefasst und in neue Beziehungen gebracht finden.

Niemand hat bis jetzt meine Behauptungen widerlegt, und zwar, wie ich meine, weil ich mich überall auf unleugbare Thatsachen berufe, durch sie die neue Theorie begründe und an einer sehr großen Anzahl von Erscheinungen bestätige, so daß ich in der That nicht weiß, ob sich noch irgend eine Beobachtung nicht ungezwungen nach ihr erklären lässt.

Ich glaube, durch sie in die scheinbar heterogensten, aber von einander abhängigen Thatsachen innere Harmonie und klaren Zusammenhang gebracht zu haben, was zu meiner großen Freude auch schon vielseitig anerkannt ist.

Herr Buys Ballot, Mitglied der Akademie in Utrecht, war so freundlich, mich brieflich darauf aufmerksam zu machen, daß auch er, und zwar in einer in den Schriften der K. Niederländischen Gesellschaft enthaltenen Abhandlung und in einer Versammlung der Naturforscher zu Bonn, das Thema von der Wärme und Elektrizität behandelt habe. Wegen Unkenntniß der niederländischen Sprache habe ich von der Abhandlung leider keine Kenntniß nehmen können, und ein Aufsatz in den Poggendorffschen Annalen giebt mir nicht hinreichende Anhaltspunkte zu einer Vergleichung; ich fühle mich aber verpflichtet, durch diese Notiz ihm gerecht zu werden.

Aus der von mir aufgestellten Theorie habe ich auch einige praktische Folgerungen zu ziehen gesucht.

Geschrieben in New-York im September 1860.

Ph. Spiller.

Durch von mir unabhängige Umstände ist der Druck des Werkchens bis jetzt verzögert worden.

Posen, den 30. März 1861.

Ph. S.

Die spekulative Naturforschung muß eine absolut sichere Basis haben, wenn sie nicht zu einer Spielerei mit Phantasiegebilden ausarten, sondern die Wissenschaft wahrhaft fördern und uns auf dem Wege der Erkenntniß in den geheimen Werkstätten der Natur weiter führen soll. Die frühere philosophische Schule hat den Naturwissenschaften wenig genützt. Der in neuerer Zeit eingeschlagene Weg hat die Elemente größerer Zuverlässigkeit in sich, weil er sich mehr auf Thatsachen stützt. Wenn auch bis jetzt schon Außerordentliches geleistet worden ist, so bleibt doch noch ein unendlich weites Feld der Forschung übrig; denn die Ansichten über das Wesen der Erscheinungen gehen bei den größten Gelehrten in vielen Beziehungen noch sehr auseinander. Welchen Kampf hat es gekostet, ehe in der Theorie des Lichtes das materielle Emanationssystem zu Grabe getragen wurde! Die einzige Auctorität des gewaltigen Newton war im Stande, ein Jahrhundert hindurch die Geister zu bannen. Dieser Kampf ist nun ausgekämpft; aber es schweben noch andere nicht minder wichtige. Man macht noch fortwährend Anstrengungen — z. B. manche Chemiker*), — auch der Wärme die Materialität zu erhalten; man findet in weit verbreiteten Büchern über sie die wunderlichsten Erklärungen. Es wird die Ansammlung, Verdichtung, ja sogar Anhäufung der magnetischen und elektrischen Materie als eine handgreifliche (elektrische Flasche), unbezweifelbare Thatsache besprochen**). Andere sind vorsichtiger, indem sie

---

*) Aber Bestrebungen wie die von Dr. E. Reichard: „die Theorie der Wärme, Jena 1857" erscheinen sehr fruchtlos.

**) Thatsachen dazu hätte ich nicht blos aus dem Jahre 1855, sondern auch von 1858 in Menge anführen können, obwohl nicht zu verkennen ist,

z. B. beim Magnetismus sagen: „es ist so, als ob jedes Theilchen an seinen beiden Enden entgegengesetzte Kräfte besäße"; sie schweigen aber gänzlich über das Wesen und die Entstehung der Kräfte.

Wenn nun auch in der Wärmetheorie der Kampf seinem Ende rasch entgegengeführt zu werden scheint, so schleicht doch noch in der Lehre des Magnetismus und der Elektrizität das Gespenst der Imponderabilien ziemlich zuversichtlich einher. Der aus der Beschränktheit unserer, selbst mit den besten Instrumenten bewaffneten Sinne gewonnene, gewissermaßen negative Beweis für ihre Existenz ist nicht minder verwerflich, als der scheinbar positive aus den Thatsachen in den Erscheinungen, die man sich als Wirkungen in die Entfernung ohne einen wirklichen, unmittelbar vom wirkenden Körper ausgehenden Stoff nicht vorstellen kann, ohne daran zu denken, daß die räthselhaften, geheimnißvollen, ja man möchte sagen geisterhaften Wirkungen in die Entfernung durch ganz fremdartige Zwischenträger, welche selbst ponderabel sind und es nicht dadurch nicht werden, daß sie als Vermittler zwischen Ursache und Wirkung dienen, geschehen können. Diese Zwischenkörper aber haben ihrer Natur nach mehr oder weniger die Fähigkeit, das Band zwischen Ursache und Wirkung zu sein, d. h. sie werden mehr oder weniger Theilnehmer und Leiter sein. Scheinbare Nichtleiter können für stärker erregende Kräfte zu Leitern werden. Wo aber kein terrestrischer Zwischenkörper ist, da ist es der universelle und deshalb eigenschaftslose (er hat nichts Individuelles), unerkennbare, Alles durchdringende und daher unwägbare oder schwerelose Aether, von dessen Dasein vorzüglich die Kometen (na-

daß Manche angefangen hatten, das Richtige zu ahnen. So sagt z. B. G. T. Fechner in seiner Atomenlehre S. 198: „Insofern Wärme, Magnetismus und Elektrizität, wie vielleicht nicht unwahrscheinlich, sich nur durch verschieden angeordnete Schwingungen unterscheiden sollten, würde man auch hiefür absolute Maßeinheiten gewinnen können" und S. 204: „So mögen auch die elektrischen, die magnetischen Erscheinungen auf Schwingungen oder sonst Bewegungen der letzten Theilchen, sei es in den Molekeln oder zwischen den Molekeln, beruhen.

mentlich der von Encke) und die Erscheinungen des Lichtes ein absolut sicheres Zeugniß geben*).

Aber wie weit auch unsere Erkenntniß fortschreiten mag, so wird immer ein letzter Grund übrig bleiben, der nicht weiter ergründet werden kann, weil er als Thatsache die Wahrheit seiner Existenz in sich selbst trägt; über ihn hinaus den Schleier der Isis zu lüften, wird Niemandem vergönnt sein. Wir wissen, daß gleichnamige Magnetismen oder Elektrizitäten das Bestreben der Trennung, ungleichnamige das der Verbindung haben; aber warum? Darauf ist vorläufig die Antwort nur: es ist so, weil es so ist. Aber eine ganz andere Frage ist es: worin besteht das Wesen des Magnetismus, worin das der Elektrizität u. s. w.? und diese eben so wichtige als interessante Frage ist es, zu deren Beantwortung ich das Meinige beitragen möchte.

Wenn ich mir erlaube, im Folgenden überall kategorisch zu sprechen, so bitte ich, dies nicht als ein Zeichen von Anmaßung anzusehen, obwohl ich mich der Hoffnung hingebe, daß die theils auf allgemeine Prinzipien, theils auf bekannte und neue Thatsachen gestützten Ansichten als in der Natur der Sache begründet dürften anerkannt werden.

Das größte Wunder in der Natur, welches dem Menschengeschlechte in alle Zukunft Stoff zu geist- und herzerhebenden Forschungen geben wird, ist der unendliche Reichthum, der sich aus der größten Armuth entfaltet. Was sind 60 und einige Grundstoffe gegen die wunderbare Mannigfaltigkeit und Schönheit der Naturgebilde? Derselbe unscheinbare Erdboden lässt die herrliche Ananas und den tödtlichen Stechapfel wachsen! — Aus dem unendlich Kleinen entsteht das unendlich Große. Hat nicht Ehrenberg gefunden, daß in einem Kubikzolle Tripel oder Polirschiefer die Reste von 40,000 Millionen Infusions-

*) Verlässt der Fisch das Wasser, der Vogel die Luft, so gelangen sie erst zur Empfindung des Mangels ihres Lebenselementes; der Aether aber kann nicht wahrgenommen werden, weil Alles in ihm, weil er universell und nicht individuell ist.

thierchen begraben liegen, und wissen wir nicht, daß ganze Länderstrecken und Gebirgsmassen daraus gebildet sind? Laplace hat gezeigt, daß das Gewicht einer Kubikmeile Lichtnebelstoffes, wie ihn die unlöslichen Nebelflecke enthalten, nur den 80 millionten Theil eines Grans beträgt, und sind nicht solche Nebel der Keim zu ganzen Sonnensystemen?

So schafft aber auch das unendlich Große das unscheinbar Kleine. Es ist ja die gewaltige Sonne, welche dem kleinsten Thierchen die Bedingungen des Lebens verleiht; es ist das Sonnenlicht, welches durch seine unendlich zarte Radirung die Zeichnungen in den Lichtbildern darstellt. Der menschliche Verstand feiert in der jetzigen Theorie des Lichtes in Beziehung auf das unendlich Kleine einen eben so großen Triumph, wie er ihn in der Astronomie bei dem unendlich Großen errungen hat. Die Welt besteht aus Nebelfleckensystemen, diese aus Sonnensystemen, diese aus Planetensystemen, jeder Planet und jeder Körper auf ihm aus Atomensystemen oder Molekeln. Was nun die Sterne und Nebelflecke im unendlich Großen, das sind die Atome der Körper im unendlich Kleinen. Aber die Gliederung sowohl im Großen wie im Kleinen reicht weiter, als unsere durch Teleskope und Mikroskope bewaffneten Augen zu erkennen vermögen.

Aber auch die wunderbarsten und mannigfachsten Erscheinungen sind der Ausdruck nur weniger, nach bestimmten Gesetzen wirkender Kräfte, durch deren Konflikt der Welt ein ewiges Leben bestimmt zu sein scheint. Es giebt wesentlich nur zwei Kräfte: die eine will vereinen, die andere trennen; überall ist dem Streben nach starrer, lebloser Einheit das der Sonderung entgegengesetzt. Wenn in dem Weltalle alle nutzbare Kraft erschöpft wäre durch den nie rastenden Kampf der trennenden und einenden (abstoßenden, anziehenden; Wärme, Schwere); so würde die in ewiger Ruhe bestehende Einheit erreicht oder die Welt würde erstorben sein; denn die Ruhe ist der Tod; nur Kampf zeugt das Leben, welches Bewegung ist und giebt.

Obwohl die Hieroglyphenschrift der Erscheinungen jedem scharfen Beobachter klar genug entgegentritt, so findet ihr Deuter doch nicht geringe Schwierigkeiten; denn es verläßt ihn bei dieser

Forschung jede traditionelle Grundlage; er muß sie aus sich selbst erkennen lernen*).

Zur Erlangung der wahren Erkenntniß des Wesens der Erscheinungen experimentirt der Beobachter und vermehrt dadurch das Feld der Wahrnehmungen auf eine fast schreckenerregende Weise. Je mannigfaltigere Erscheinungen uns aber die Natur und das Experiment darbieten, desto schwieriger erscheint die Auffindung der Ursachen für sie und der dabei stattfindenden Vorgänge. In der That haben die größten Geister, angezogen durch die erhebenden Reize, welche die Lösung der geheimnißvollen Räthsel darbietet, ihre Kräfte zur Erforschung der letzten Ursachen gewidmet; aber wir können augenblicklich immer noch nicht sagen, daß alle Räthsel gelöst, daß alle Zweifel beseitigt sind.

Je mehr man die Erscheinungen isolirt betrachtet, desto räthselhafter zeigen sie sich; je mehr man nach gemeinschaftlichen Prinzipien forscht, desto klarer tritt der Zusammenhang der mit einander verbundenen Thatsachen hervor. Es ist gerade die wunderbare Oekonomie in der Natur, welche die Auffindung der Gesetze und des Wesens der Erscheinungen so schwierig macht. Aber in demselben Grade, in welchem das lawinenartig anwachsende Material die Schwierig-

*) Es ist aber der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung oft ein äußerst frappanter: z. B. Holz und Wasser sprengen Felsen, oder: atmosphärische Luft, Kohle und Wasser bewegen einen Eisenbahnzug, oder: ein gleichmäßig gehender Wind erzeugt durch die Drähte in den Telegraphenstangen Töne. (Hier ist der Vorgang folgender: Wenn der Luftstrom unter einem Winkel die mäßig gespannten Telegraphendrähte trifft, so gerathen sie, ohne zu tönen, durch zwei Kräfte, den Wind und ihre Elastizität, sollizitirt, in schwingende Bewegungen, welche aber nur ein gewisses, mit kleinen harten Schlägen verbundenes Zischen oder Sausen hervorbringen. Wenn nun zwei oder mehre Drähte in dieser Art zwischen den tragenden Stangen schwingen, so entsteht in den Stangen ein Ton als Koinzidenz-Erscheinung. Die Schwingungen sind in den Stangen longitudinale, weil die Drähte transversal schwingen, und können daher durch das Angreifen der Stangen an beliebigen Stellen nicht gedämpft oder aufgehoben werden. Glatteis auf den Drähten hindert sofort die Erscheinung, weil die Reibung als aufgehoben anzusehen ist.

keiten zu vermehren scheint, lüftet sich unter diesem Gesichtspunkte der Schleier, und es zeigt sich der Faden, welcher uns durch das geheime Labyrinth zu leiten verheißt; das einheitliche Band, welches die verschiedenen Erscheinungen umfasst, zeigt sich unserm Auge immer klarer.

Wir wollen zunächst einige äußerst einfache und elementare Wahrnehmungen anführen, welche geeignet sind, gerechte Zweifel in Betreff der Materialität der Wärme, des Magnetismus und der Elektrizität zu erregen.

Wenn man eine Dampfmaschine mit einem kalten Stahlzapfen in ihrer phlegmatischen Bewegung durch dicke, zu Dampfkesseln bestimmte Kupferplatten Löcher drücken sieht und die herabgefallenen Kupferstücke wegen ihrer Glühhitze nicht anrühren kann; so möchte wohl ein starker Glaube dazu gehören, hier plötzlich einen neuen Stoff für eingeschmuggelt zu halten, durch den die große Erhitzung des Kupfers hervorgebracht werde. Ebenso, wenn kalte, ziemlich dicke Eisenstangen wie Wachs in kleine Theile zerschnitten werden.

Da ein Metallwürfel auf einer nicht nachgebenden Unterlage bei seiner Erwärmung und Ausdehnung Zentnerlasten zu heben im Stande ist, so müßte man alle Naturgesetze über den Haufen werfen, wenn man diese Kraftäußerung von einem sich unserer Wahrnehmung vollständig entziehenden Stoffe ausgehen ließe und nicht vielmehr annehmen wollte, daß dieser problematische Stoff, falls er bei der Erwärmung sich mit dem Eisen verbände, vielmehr seitwärts, wo er geringeren Widerstand findet, entwiche. Durch erkaltende Eisenstangen mit Ankern an ihren Enden lassen sich die stärksten Mauern, welche aus ihrer Richtung gewichen sind, wieder zusammenziehen, was zu bewirken ein imponderabler Stoff absolut nicht im Stande ist, und gewiß am allerwenigsten, wenn seine Menge abnimmt (die Temperatur niedriger wird).

Wenn im luftleeren Raume durch Reiben von Eis an Eis Wasser entsteht, welches eine größere Wärmekapazität besitzt, als Eis; so muß man die Antwort auf die Frage, woher in diesem Falle der Wärmestoff kommt, schuldig bleiben.

Niemand ignorirt oder leugnet das Gesetz der Undurchdringlichkeit. Um aber der Wärme die Materialität zu retten, müßte man zu ihren Gunsten eine Ausnahme machen, da die Erscheinung an Hohlspiegeln nicht möglich wäre, wenn die vom Spiegel zurückkommende Wärme durch die ankommende verdrängt würde.

Wollte man ferner die Elektrizität für einen Stoff halten, so müßte man glauben, daß dieser bestimmte Stoff mit so charakteristischen Eigenschaften auf außerordentlich verschiedene Weise und durch Mittel, welche keine Spur von Aehnlichkeit haben, hervorgebracht werden könne, z. B. durch Ausströmen von Dampf, durch Bestreicheln des Felles einer lebenden Katze, eines Rehes oder Hundes, durch das Reiben von Harz oder Glas, durch Berührung, ja bloße Annäherung verschiedener Metalle, durch Wärmedifferenzen, durch Bewegung eines Magneten, durch bloße Krümmung unserer Glieder. Führen aber so sehr verschiedene Mittel zu demselben Ziele, so müssen in ihnen Momente liegen, welche mit der Materie als solcher nichts zu thun haben.

Wäre die Elektrizität etwas Materielles, so müßte man annehmen, daß, wenn positive und negative Elektrizität zwischen zwei Leitern sich mit einander verbinden, Nichts entstehe. Oder soll etwa der eine Stoff durch den andern nach dem Leiter, auf welchem er auch schon angehäuft sein soll, gehen, um dann mit dem andern spurlos zu verschwinden? Die Summe zweier Stoffe, die in vielen Stücken übereinstimmende Eigenschaften haben und in ihren äußeren Erscheinungen oft mit gewaltiger Energie auftreten, soll Null sein!

Der Umstand, daß man durch den elektrischen Strom Räderwerke, ja ganze Maschinen und Schiffe in Bewegung setzen kann, läßt nicht erwarten, daß dies durch einen unserer Wahrnehmung vollständig sich entziehenden Stoff geschehen könne.

Wie man früher die Lichtmaterie den Weg von 42 tausend Meilen in einer Sekunde durch den unendlich zarten Aether zurücklegen so ließ, würde bei der elektrischen Materie das unendlich größere Wunder stattfinden, daß sie in dem massenreichen Kupferdrahte, oder an ihm in der noch ziemlich dichten Atmo-

sphäre in einer Sekunde den Weg von 62 tausend Meilen zurücklegte. Würde nicht das zarte Fluidum wegen seiner Feinheit einen unüberwindlichen Widerstand finden, oder trotz seiner Zartheit die furchtbarsten Zerstörungen auf seinem Wege anrichten*)? Keine Spur davon!

Wäre die Elektrizität ein Fluidum, so müßte dasselbe von der Oberfläche einer hohlen, überall gleich dicken, mit einer Oeffnung versehenen Metallkugel in das Innere fließen, was nicht der Fall ist.

Da es feststeht, daß entgegengesetzte Elektrizitäten und Magnetismen auf Leitern sich mit einander verbinden, so ist nicht einzusehen, weshalb sie, wenn sie Fluida sind, diese Verbindung an einem bestimmten isolirten Leiter, an dessen entgegengesetzten Enden sie sich zeigen (El. durch Induktion), verschmähen und die Indifferenzstelle als unübersteiglich ansehen.

Es ist unglaublich, daß die bloße Annäherung einer Kupferscheibe an eine Zinkscheibe oder die bloße Annäherung der warmen Hand an eine Thermokette oder eines Magneten an ein Stück Eisen einen besonderen Stoff erzeugen soll.

Die Ansicht von der Materialität der Elektrizität kann mit der Thatsache, daß die Berührungsstelle zweier Metalle eine unerschöpfliche Quelle von Elektrizität ist, ohne die Metalle im geringsten zu ändern, nicht in Verbindung gebracht werden.

Man kommt zu förmlichen Absurditäten, wenn man annimmt, daß Magnetismus etwas Materielles ist. Legt man z. B. bei einer Wismuth-Antimonkette ein Stückchen Eis auf die eine Löthstelle, so erhält man in der Kette Magnetismus; nimmt man aber statt dessen eine glühende Kohle, so erhält man auch Magnetismus. Wie wenig Eis und Kohle dasselbe sind, eben so wenig können sie denselben Stoff erzeugen oder das magnetische Fluidum aus den Metallen treiben.

Wenn man aber heutzutage noch drucken läßt: Licht ist als konzentrirte Wärme anzusehen, wobei Wärme natürlich als

*) Ein Orkan von 120 Fuß Geschwindigkeit in einer Sekunde richtet schon schreckliche Verwüstungen an.

ein Stoff betrachtet ist; so muß man über solche Gedankenlosigkeit und Nichtachtung der herrlichsten Untersuchungen der letzten Dezennien staunen.

Zu diesen sehr offen daliegenden Bedenken kommen aber noch andere sich aufdrängende Zweifel.

Durch Reibung werden die wunderbarsten Töne erzeugt, es entsteht durch sie Wärme, bei größerer Steigerung Licht, und je nach der Natur der Körper Magnetismus oder Elektrizität. Schon durch bloßen Druck entstehen Wärme und Licht (z. B. in der Luft, im Wasser), und manche Fossilien werden elektrisch oder zeigen veränderte Lichterscheinungen. Wie kann man aber glauben, daß durch den rein mechanischen Vorgang der Bewegung zweier in chemischer Beziehung sich absolut nicht verändernder Stoffe ein neuer Stoff, ja durch denselben Vorgang sogar verschiedene Stoffe entstehen können!

Es gehört ein eigenthümlicher Glaube dazu, das Körperliche aus Nichts hervorbringen zu wollen. Hat ein Stahlstab durch Bestreichen mit einem Magneten Magnetismus bekommen, so hat dieser nicht nur nichts verloren, sondern sogar noch gewonnen. Das Körperliche kann man nicht schaffen, sondern nur in einen Zustand versetzen.

Wenn nun Bewegung am Ruhenden den Zustand ändert, ohne eine fortschreitende Bewegung am Ganzen zu erzeugen (Reibung macht die Körper warm), so kann er nur ein Bewegungszustand der Molekel sein, den wir freilich wegen der geringen Elongation und der kurzen Dauer jeder Phase sinnlich nicht wahrnehmen können; es ist keine Vernichtung, sondern eine Umwandlung der Bewegungsart*).

Ebenso muß in der Elektrizität, da durch sie Bewegungen sogar ganzer Maschinen erzeugt werden, eine lebendige Kraft wirksam sein; also muß der Leitungsdraht, das Fortpflanzungsmittel der elektromotorischen Kraft, da er nicht in fortschreitender Bewegung begriffen ist, eine Molekularbewegung haben, so

*) Die gradlinige Bewegung des Violinbogens wird in eine bei hohen Tönen nicht sichtbar schwingende der E-Saite auf einer Violine verwandelt.

daß die Summe sämmtlicher unmerkbarer Molekularkräfte einen großen Totalerfolg erzeugt, ähnlich wie es bei den durch Wärme sich ausdehnenden Körpern ist.

Wir dürfen also jetzt schon die Ansicht aufstellen, daß die ganze Physik mit allen ihren Erscheinungen eine rein dynamische Grundlage hat, so daß alle Vorgänge nach bestimmten, mathematisch darstellbaren Gesetzen mit unfehlbarer Sicherheit erfolgen; denn was, wie die physikalischen Erscheinungen, gesetzmäßig geschieht, ist der bestimmte Ausdruck mathematischer Entwickelungen, so daß die Prinzipien der allgemeinen Mechanik auf alle statischen und dynamischen Verhältnisse der verschiedensten Körper anwendbar sein müssen.

Keine von den obigen Erscheinungen hat also ihre Begründung in einem besonderen Stoffe, in einer besonderen Flüssigkeit, welche sich irgendwo anhäuft und anderwärts fehlt, oder welche nach einem gewissen Ziele hinströmt.

Die geschicktesten Experimentatoren und Mathematiker haben in der neuesten Zeit durch die scharfsinnigsten Kombinationen ein unschätzbares Material beigebracht, das uns fast zu erdrücken droht, so daß wir uns ängstlich nach einem leitenden Gedanken umsehen. Sie haben uns aber auch andrerseits so viele Aufschlüsse gegeben von dem gegenseitigen Ineinandergreifen der Erscheinungen des Schalles, der Wärme, des Lichtes, des Magnetismus und der Elektrizität, daß wir unsere Augen nicht verschließen können vor der Zurückführung aller dieser Thatsachen auf einen gemeinschaftlichen Grund, in welchem wir das Streben der Natur nach Einheit und Harmonie erkennen und die Mittel auffinden, die zwar alten, aber ganz unberechtigten Spukgeister der Imponderabilien für immer zu verbannen.

Das wunderbare und räthselhafte, oft gleichzeitige Auftreten der obigen fünf Erscheinungen giebt uns in der That schon eine gewisse Berechtigung zu der Behauptung, daß, weil einzelne von ihnen thatsächlich Bewegungs-Erscheinungen sind, es die übrigen auch sein müssen. Indeß dürfen wir uns nicht täuschen und sogleich die volle, von jedem Einwande freie Wahrheit aufzufinden hoffen. Wenn nur ein Schlüssel zu der wei-

teren Untersuchung gegeben ist, so muß man durch ihn die geheimnißvollen Räthsel weiter zu erschließen suchen.

Um nun für das Folgende einige allgemeine Gesichtspunkte zu gewinnen, wollen wir zunächst einige Elementarbegriffe über Bewegungsarten und die sie bewirkenden Kräfte, sodann eine Reihe von Thatsachen anführen, welche die oben erwähnte innige Verwandtschaft der fünf Gebiete näher begründen, dann aber gerade daraus die leitenden Prinzipien einer höchst einfachen Theorie für sie angeben und zuletzt zeigen, wie die verschiedenartigsten Erscheinnngen ohne allen Zwang auf die gegebene theoretische Auffassung sich zurückführen lassen.

Der Art nach kann die Bewegung eines Körpers als eines Ganzen sein:

1) eine fortschreitende, bei welcher alle Punkte ihren Ort verlassen und entweder in offenen oder geschlossenen Bahnen sich bewegen, ohne auf demselben Wege zurückzukehren (gradlinige, krummlinige, zirkulirende Bewegung);
2) eine rotirende um eine durch ihn gehende grade Linie, von welcher alle seine Punkte in derselben Entfernung bleiben;
3) eine oszillirende, wobei er in abwechselndem Hin- und Rückgange innerhalb gewisser Grenzen stets dieselbe Bahn zurücklegt.

Die oszillirende Bahn kann sich entweder auf den ganzen Körper beziehen, oder auf seine kleinsten Massentheile, und dabei können die einzelnen Theile des Körpers selbst eine fortschreitende Bewegung haben, wodurch sie die Dichtigkeit des Körpers ändern, oder sie können jeder nur um seinen Gleichgewichtspunkt schwingen, so daß sie die Dichtigkeit des Körpers nicht ändern.

Die Geschwindigkeit des bewegten Punktes ist eine gleichmäßige, wenn er in gleichen Zeiten gleiche Wege zurücklegt, eine ungleichmäßige, wenn dies nicht der Fall ist. Die ungleichmäßige Geschwindigkeit kann eine beschleunigte oder verzögerte sein, jenachdem sie in den folgenden Zeittheilen wächst oder abnimmt. Geschieht Letzteres um etwas Bestimmtes,

so ist die Beschleunigung oder Verzögerung eine gleichmäßige; wenn nicht, eine ungleichmäßige.

In Betreff der Kräfte können wir uns zunächst nur eine Kraft, und zwar entweder momentan, oder dauernd (kontinuirlich), und im letztern Falle nach ihrer Intensität entweder konstant oder veränderlich wirksam denken.

Wirkt eine Kraft momentan, so treibt sie einen schweren Punkt ewig gradlinig fort in gleichen Zeiten durch gleiche Wege.

Wirkt sie anziehend von einem bestimmten Punkte a aus auf b kontinuirlich und konstant, so muß b oszilliren. Der erste Impuls des a würde b schon zu ihm führen, und zwar mit gleichmäßiger Geschwindigkeit, aber durch die fortwährende Wirksamkeit des a wird die Geschwindigkeit des b gleichmäßig beschleunigt. Ist b in a angekommen, so geht es nach dem Beharrungsvermögen darüber hinaus; seine Geschwindigkeit wird aber durch die rückwirkende Kraft des a gleichmäßig verzögert und endlich aufgehoben. Nun nähert es sich dem a wieder mit gleichmäßig beschleunigter, und entfernt sich bis zu seinem Ausgangspunkte mit gleichmäßig verzögerter Geschwindigkeit. b hat nun eine ganze Oszillation zurückgelegt, welche nach Raum und Zeit viertheilig ist. Von den vier Theilen hat 1 und 3 eine beschleunigte, 2 und 4 eine verzögerte Geschwindigkeit.

Wenn von einem gewissen Punkte aus eine Kraft zwar kontinuirlich, aber nicht konstant wirkt, so bringt sie doch auch eine oszillatorische Bewegung hervor, wenn auch die Geschwindigkeiten ungleichmäßig beschleunigte und verzögerte sind.

Durch das Zusammenwirken von zwei oder mehren Kräften, die nach Wesen und Richtung sehr mannigfach sein können, resultiren sehr verschiedene Bewegungen.

Wenn bei einem Körper, dessen Theilchen ihre bestimmte Lage gegen einander behalten wollen, durch eine äußere Kraft diese Lage ohne Unterbrechung ihres Zusammenhanges verändert wird, was natürlich voraussetzt, daß die das Gleichgewicht störende Kraft für jeden Stoff ein gewisses Maximum nicht übersteigt; so bewirkt die aus den Kräften für die einzelnen Punkte resultirende Mittelkraft ebenfalls eine oszillatorische Bewegung.

Die Körper zerfallen in Betreff der Oszillationen in drei Klassen, die sich auf die Dimensionen beziehen:

1) in solche, bei denen eine Dimension wesentlich überwiegt, welche also linienförmige Körper sind, wie Saiten (an beiden Enden durch feste Körper gehalten oder gespannt), Drähte oder Stäbe (an beiden Enden oder auch nur an dem einen befestigt), Luftsäulen, die entweder an beiden Enden oder auch nur an einem Ende mit der äußeren Luft in Verbindung und durch sie gespannt sind (offene und gedeckte Pfeifen);
2) in solche, bei denen zwei Dimensionen überwiegen; sie mögen starre Scheiben (ebene oder gekrümmte), oder biegsame Häute, oder die Spiegel von Flüssigkeiten sein: flächenförmige Körper;
3) in solche, bei denen keine der drei Dimensionen bedeutend oder überhaupt überwiegt: massenförmige Körper, wie ein Ambos, die freie atmosphärische Luft, der Aether im Weltraume.

Was endlich die Richtung der schwingenden Bewegung anlangt, so kann sie

1) senkrecht stehen auf der Hauptrichtung oder den Hauptrichtungen des Körpers: Querschwingungen, wie z. B. wenn eine angespannte Saite seitwärts gezogen, oder eine Scheibe senkrecht geschlagen wird, oder ein Körper senkrecht auf einen ruhenden Wasserspiegel fällt;
2) die Schwingungen können in der Hauptrichtung des Körpers so geschehen, daß ein Theilchen in grader Richtung hinter oder vor dem anderen sich hin und her bewegt: Längenschwingungen, wie z. B. bei Luftsäulen in Pfeifen oder wenn man eine lange Seite unter einem sehr spitzen Winkel anstreicht;
3) können sie um die Längenaxe des Körpers pendelartig stattfinden: drehende Schwingungen.

Das Erscheinen der Schwingungen ist bei festen Körpern die Folge der Elastizität, bei tropfbar flüssigen die des Bestrebens, ein horizontales Niveau zu bilden, und bei luftigen und beim Weltäther die des Bestrebens sich rücksichtlich des Druckes überall-

hin ins Gleichgewicht zu setzen. Diejenigen Körpertheile, welche zwischen anderen, in einem bestimmten Momente in der Gleichgewichtslage verharrenden gleichzeitig dieselbe Bewegungsrichtung befolgen, und zwar in abwechselndem einmaligen Hin- und Rückgange oder in einer einmaligen ganzen Schwingung zwischen den äußersten Grenzen dieser Bewegung, geben den Begriff einer Welle, wobei außer der Richtung der Schwingungen, ihre Anzahl in einer bestimmten Zeit und die Weite derselben zu berücksichtigen ist.

Nach den Dimensionen, der Beschaffenheit und der Schwingungsweise der Körper giebt es drei Gattungen von Wellen: die Seilwellen, Kreiswellen und Kugelwellen. Bei den linearen starren Körpern können zwar alle drei Gattungen von Schwingungen, aber nicht von Wellen stattfinden; bei den linearen luftigen nur Längenschwingungen; bei den flächenförmigen starren Körpern zeigen sich außer den Längenschwingungen in der Richtung der Flächen noch Transversalschwingungen, wie auf dem Niveau von Flüssigkeiten, nur daß bei letzteren kreisförmige Wellen sind. Endlich finden sich bei Körpern, die rücksichtlich der störenden Kräfte nach allen Richtungen als hinreichend ausgedehnt anzusehen sind, nur Kugelwellen, in denen die Schwingungen entweder in der Richtung der Kugelradien (Schallwellen), also longitudinal, oder senkrecht auf ihnen (Lichtwellen), also transversal gehen.

Bei jeder Gattung von Wellen giebt es Stellen, in denen die Körpertheile in ihrer Lage oder auch in ihrem natürlichen Zustande der Dichtigkeit bleiben; sie sind die Grenzen der Wellen und heißen Knoten; die Theile zwischen zwei Knoten sind die Bäuche. Ist die Lage der Knoten und Bäuche eine veränderliche, so heißen die Wellen fortschreitende; wenn aber nicht, stehende.

Bei den fortschreitenden Wellen hat die Substanz selbst, welche die oszillatorische Bewegung besitzt, keine fortschreitende Bewegung, sondern nur die Wellenbewegung als solche ist von Theilchen zu Theilchen fortschreitend. Ihre Geschwindigkeit richtet sich nach der Dichtigkeit und Elastizität des widerstehenden Mittels, ist aber in einem Mittel von überall gleicher materieller Beschaffenheit, worin das Verhältniß der absoluten Ela-

stizität zur Dichtigkeit sich nicht ändert, eine gleichmäßige; denn die Kraft, welche die fortschreitende Bewegung bedingt, ist in dem Unterschiede der Elastizität der benachbarten vor- oder rückwärts liegenden Theile begründet, und dieser Unterschied ist in der ganzen Bewegungsrichtung konstant.

In allen Fällen also, in welchen die Theilchen eines Körpers eine fortschreitende Bewegung haben und deshalb Verdichtungen und Verdünnungen bewirken, ist die Fortpflanzung eine allmähliche; wenn aber die Theilchen eines Körpers eine oszillirende Bewegung nur um ihre Schwerpunkte besitzen, so wird die Dichtigkeit des Körpers nicht verändert, und der Widerstand gegen die weitere Verbreitung der Bewegung muß unendlich klein, also die Geschwindigkeit der Fortpflanzung ungemein groß sein.

In keinem Falle ändert die Anzahl der Schwingungen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Wenn Massentheilchen nur um ihren Gleichgewichtspunkt schwingen, so verschwindet der Begriff der Welle, welche nur bei fortschreitenden Oszillationen stattfindet.

Die wellenerzeugende Kraft kann momentan oder kontinuirlich wirken. Im erstern Falle findet bei starren elastischen Körpern und dem Niveau einer Flüssigkeit eine gewisse Nachwirkung statt, welche sich in einer Reihe von Schwingungen und von konzentrischen Wellensystemen zeigt. Aber bei flüssigen elastischen Körpern folgt auf die Störung des Gleichgewichtes in ihnen die sofortige Herstellung desselben, und dies ist wegen der nach allen Richtungen rückwirkenden Elastizität das Werk zweier auf einander folgender Augenblicke und schreitet nur einmal vom Zentrum aus nach allen Richtungen fort.

Wirkt aber die das Gleichgewicht eines gleichmäßig beschaffenen Mediums störende Kraft fortwährend in gleichdauernden Impulsen, so folgt Schwingung auf Schwingung, Welle auf Welle, einander vom Erregungspunkte aus verdrängend, wobei die Wellen in einem elastischen Fluidum wegen des Isochronismus und der gleichmäßigen Fortpflanzungsgeschwindigkeit gleiche Dimensionen haben. Die Maxima und Minima der Verdichtung folgen abwechselnd in gleichen Abständen auf

einander; die Stellen der Maxima sind nach Verlauf einer halben Oszillation die Stellen der Minima, und umgekehrt; in der Mitte zwischen jedem Maximum und dem nächsten Minimum sind die Bäuche, in welchen die Dichtigkeit des Mediums sich nicht ändert, worin aber die Theilchen die größten Schwingungsamplituden besitzen, während diese nach den Knotenstellen hin abnehmen. So wie jede ganze Schwingung viertheilig ist, so ist es auch die ganze aus Verdichtung und Verdünnung bestehende Welle und auch die Bahn eines jeden Theilchens.

Durch das Zusammenwirken mehrer Kräfte können innerhalb einer gewissen Bewegung andere Bewegungen stattfinden: Nebenwellen auf oder in einer Hauptwelle, das Zusammentreffen gleicher (Koinzidenz) oder entgegengesetzter (Interferenz) Bewegungsphasen, das Zurückwerfen der Wellen von einem Hindernisse der Bewegung, die Ablenkung von der Bahn beim Eintritte in einen anderen Körper oder beim Vorübergehen ganz in der Nähe eines störenden Körpers.

Die fünf Erscheinungen des Schalles, des Magnetismus, der Elektrizität, der Wärme und des Lichtes stehen mit einander in einem solchen Zasammenhange, daß *Jedes nicht nur sich selbst, gewissermaßen als Resonanz, sondern auch die anderen mit oder ohne einen irdischen Zwischenkörper erzeugt oder auch gleichzeitig mit anderen auftritt*, so daß alle Variationen, welche aus diesen fünf Elementen möglich sind, vorkommen. Selbst das Licht, dessen Bewegungsmoment unbedeutend zu sein scheint, erzeugt Magnetismus, sowie Magnetismus auch Licht, und zwar durch magneto-elektrische Induktion, und dadurch auch Wärme. Wir wollen nun noch eine Reihe hierher gehöriger Thatsachen anführen.

Von zwei gleichstimmigen Stimmgabeln erregt die eine mittelst eines festen Körpers oder schon durch die Luft die andere zum Tönen. Sie zeigen nach längerem Gebrauche Magnetismus; an den Knotenlinien der Klangfiguren sind Spuren von Elektrizität; die Schwingungen bei der Schallfortpflanzung sind mit Wärme-Entwickelung verbunden, ohne welche die Geschwin-

digkeit in der Luft z. B. eine weit geringere sein würde; tönende Glasscheiben werden bei Longitudinalschwingungen doppelt brechend für das Licht.

Magnetismus bringt im Eisen sich selbst, während seiner Bewegung Elektrizität, in Folge dessen Licht und Wärme hervor, ist im Stande, die Polarisations-Ebene des Lichtes zu drehen, den elektrischen Strom abzulenken, das elektrische Licht im luftverdünnten Raume zu bewegen und seine Schichtungen zu verschieben.

Ein elektrischer Körper erregt einen isolirten Leiter in gleicher Weise elektrisch, wie ein Magnet weiches Eisen magnetisch. Werden Stahlstäbe durch einen elektrischen Strom diskontinuirlich magnetisirt mittelst abwechselnd rechts und links gewundener Spiralen, so tönen sie; ebenso die Flaschen einer Nebenbatterie, wenn die Ladung durch einen Funkenmesser geschieht (wobei, weil das Glas in Longitudinalschwingungen geräth, das Ohr am besten in der Richtung der Glasflächen zu halten ist); der Schall wird in der Nähe eines kräftigen Elektromagneten verstärkt; in den Leitungsdrähten galvanischer Ketten hört man ein Summen; sowohl ein dauernder elektrischer Strom als auch ein momentaner (die kontinuirliche und diskontinuirliche Entladung) sind mit Entwickelung von Wärme und Licht verknüpft, wenn ein kräftiger Strom durchgeleitet wird.

Ebenso ist die Wärme eine mächtige Quelle für die Elektrizität (manche Fossilien werden durch bloße Erwärmung polarelektrisch) und durch sie für die anderen Erscheinungen; ja man erhält durch kräftige Thermosäulen sogar physiologische und chemische Wirkungen, und zwei ungleich warme Körper erregen einander zu Schallschwingungen.

Endlich steht auch das Licht mit den anderen Erscheinungen in einer näheren Beziehung, welche wir im weiteren Verlaufe noch näher werden kennen lernen.

Alle sind fähig, ihre Wirkung auf die Entfernung durch andere Körper zu äußern mit abnehmender Intensität nach dem Quadrate der Entfernung, wenn das Medium eine konstante Dichtigkeit besitzt. Für den Schall sind nur die irdischen Körper ein Träger, da er selbst nur durch die Schwingungen der

irdischen Körper entsteht; aber für die übrigen Erscheinungen ist außer ihnen der kosmische Aether ein Fortpflanzungsmittel, nicht blos insofern, als er die irdischen Körper durchdringt, sondern auch, als er, wie beim Lichte und bei der strahlenden Wärme, allein die Rolle spielt. Daß überall im Weltraume der Aether ist, beweiset der Komet von Pons, welchen Enke seit 40 Jahren studirt und seit 1819 bei seiner 13maligen Wiederkehr aus ganz genauen Beobachtungen berechnet hat. Er hat seit 1789 seine Umlaufszeit um 2 Tage (sie beträgt jetzt 1211,38 Tage) verkürzt, und zwar nur wegen des widerstehenden Aethers. Daß die Kometen einen um so größeren Schweif bilden, je schneller sie gehen, und daß dieser Schweif nach der Außenseite der Bahn (wie es recht auffallend bei dem von Pons im Herbste 1859 sich zeigte) mehr Massentheile zusammengedrängt enthält, ist ebenfalls eine Bestätigung von der Existenz des Weltäthers. Endlich da das Licht den ganzen Weltraum und auf unserer Erde die härtesten Körper (den Diamant) durchdringt, so kann seine Erscheinung auch nur ein Zustand dieses Aethers sein, und daß er die Bewegungen der irdischen Körper, die er durchdringt, wirklich theilt, ist sogar direkt zu erkennen. Werden nämlich aus derselben Lichtquelle zwei Strahlen unter einem sehr spitzen Winkel je durch eine mit Wasser gefüllte Röhre geleitet, bevor sie einander interferiren, und strömt das Wasser in der einen vom, in der andern zum Lichte; so werden die Interferenzstreifen nach der Seite verschoben, nach welcher sich das Wasser gegen den Strahl bewegt. Es enthält also diese Röhre weniger, jene mehr Lichtwellen, indem der Aether von dem bewegten Mittel mit fortgerissen wird*).

Weil der Aether den Weltraum und alle Körper durchdringt, so müssen seine unendlich zarten, im indifferenten Gleichgewichte befindlichen und kugelförmigen Atome absolut elastisch sein und einander abstoßen, so daß die Störung des Gleichge-

---

*) Gleichwie ein Ton höher oder niedriger wird, jenachdem man sich ihm rasch nähert, oder von ihm entfernt (der Ton kommt, oder geht), indem man in jenem Falle mehr, in diesem weniger Tonwellen in einer bestimmten Zeit hört, als wenn Beobachter und Tonquelle ruhen.

wichtes irgendwo fast momentan selbst in sehr großen Entfernungen in derselben Weise stattfindet. Wenn ein Maß Wasser im Stande ist, 670 Maß Ammoniakgas in sich aufzunehmen und zu kondensiren, so wird es begreiflich sein, daß der unendlich zartere Aether nach den Gravitationsgesetzen an und in den massenhaften irdischen Körpern in einem sehr verdichteten Zustande vorhanden sein muß. Obwohl sich das Band zwischen Ursache und Wirkung unserer gewöhnlichen sinnlichen Wahrnehmung auf unserer Erde entzieht, so erscheinen uns nach dieser Darstellung die durch dasselbe erzeugten Wirkungen auf die Entfernung in der That ebensowenig räthselhaft, als wenn elektrische Fische ihre vernichtenden Schläge durch das Medium des Wassers ertheilen. Eine Störung des Gleichgewichtes in den Molekeln eines irdischen Körpers wird auch den Aether sowohl in ihm, als auch außer ihm in gleicher Weise zur Bewegung anregen und somit eine Fortpflanzung derselben bis zum Aether in einem anderen Körper erzeugen, so daß durch diesen die Molekel des letzten Körpers in dieselbe Bewegung hineingezogen werden.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eines Bewegungszustandes hängt von der Natur der leitenden Körper, ihrer Dichtigkeit und ihren Kohäsionsverhältnissen ab. In Körpern von gleichmäßiger Beschaffenheit in ihrem Innern (Luft, Wasser, Glas) muß auch der Aether nach allen Seiten gleiche Dichtigkeit und Elastizität haben. Sie heißen isotropische, weil die Ablenkung des Lichtes von allen Seiten überall hin eine gleiche ist. Aber in den krystallinischen Körpern ist die Anordnung der Massentheilchen nach verschiedenen Richtungen verschieden, also auch ihre Härte, Spaltbarkeit und ihr Verhalten gegen das Licht, die Wärme und die Elektrizität. Sie heißen heterotrope. Dies zeigt sich für das Licht recht deutlich beim Kalkspathe, welchen es in der Richtung der Hauptaxe mit einer geringeren Geschwindigkeit bei geringeren Wellendimensionen durchdringt, als in jeder anderen, namentlich in der darauf senkrechten; also muß der Aether in der Richtung der Hauptaxe auch die größte Dichtigkeit (Widerstandsfähigkeit) und Elastizität, in der darauf senkrechten die kleinste besitzen, wie es in der That auch mit der Kohäsion der Fall ist. Der am stärksten abgelenkte (der ordi-

näre) Strahl hat die kleinste Geschwindigkeit. Krystallform und Lichtbrechung stehen in einer so gesetzmäßigen Beziehung, daß man von dem Einen auf das Andere schließen kann. In Betreff der Wärme und Elektrizität sind Borazit, Titanit und besonders Turmalin insofern interessant, als sie durch jene polarelektrisch werden.

Je mehr ein Körper als ein Leiter der Erscheinung auftritt, desto weniger verändert er sie; aber die schlechten Leiter können dieselbe nicht nur aufhalten*), sondern sogar wesentlich modifiziren. Elektrizität und Licht z. B. bleiben in einem guten Leiter, was sie sind; werden in einem schlechten zu Wärme. Hierbei ist auch die Beschaffenheit der umgebenden Körper nicht gleichgiltig. Sowie bestimmte Töne in verschiedenen Räumen einen verschiedenen Eindruck machen und durch die Umgebung modifizirt werden, so ist auch die Wirkung eines elektrischen Stromes oder auch der Spannungs-Elektrizität an einem Konduktor und auch eines warmen Körpers von solchen Umständen abhängig.

Die durchsichtigen Körper sind für das Licht Leiter, die undurchsichtigen aber Nichtleiter, oder letztere nehmen die ankommenden Lichtschwingungen nicht in sich auf, wie auch die elektrischen Nichtleiter unelektrisch bleiben. Die Masse der diathermanen Körper übernimmt für die Wärme dieselbe Rolle, wie die der durchsichtigen Körper für das Licht; die Schwingungen pflanzen sich in ihnen fort, ohne zu stehenden zu werden.

So wie in verschiedenen Gasen und anderen Körpern die Schallgeschwindigkeit verschieden ist und daher eine bestimmte Pfeife, mit verschiedenen Gasen erfüllt, auch verschiedene Töne giebt, so ist auch das elektrische Licht in verschiedenen Dämpfen und Gasen verschieden gefärbt (d. h. hat verschiedene Schwingungszahlen): z. B. im Alkohol und Aetherdampfe grünlich, in Kohlensäuregas lebhaft grünlichblau, im Wasserstoffe karmoisin und matt, im Stickstoffe purpurroth oder intensivblau, in Salz-

*) Die Elektrizität bildet dann elektrische Zonen an dem Isolator, die den Folgepunkten bei einem Stahlmagneten entsprechen. Für Magnetismus ist weiches Eisen ein guter, Stahl ein schlechter Leiter.

säure fast weiß. Ganz ebenso ist es bei der Wärme und Elektrizität.

So wie Töne jeder Höhe und Stärke und Licht von jeder Farbe und Intensität in einem bestimmten Medium mit gleicher und gleichmäßiger Geschwindigkeit sich fortpflanzen, so ist es auch mit elektrischen Strömen verschiedener Intensität in einem Leitungsdrahte aus einem bestimmten Metalle bei beliebigem Querschnitte der Fall.

Ist ein Körper für einfarbiges Licht durchsichtig, so heißt dies: er ist in einem solchen Zustande, daß er Lichtwellen eben nur von der Dimension der betreffenden Farbe anzusprechen im Stande ist, wie eine Pfeife von bestimmter Länge auch nur einen bestimmten Ton mit seiner Wellenlänge oder einem aliquoten Theile derselben am besten anspricht.

Treffen Schall, Licht, Wärme, ein elektrischer Strom ein Hinderniß, in welches sie nur theilweise einzudringen im Stande sind, so wird ein Theil von ihnen in dasselbe Mittel (bei der Elektrizität in den Leitungsdraht) reflektirt, und zwar mit derselben Geschwindigkeit. Es bildet sich beim Schalle ein Echo; das Mondlicht ist das Echo des Sonnenlichtes; der elektrische Gegenstrom ein Echo des Hauptstromes.

Wie die Lichtwellen, welche von einem Punkte zwischen zwei parallelen Spiegeln ausgehen, wiederholt reflektirt werden, so geschieht es auch mit den Schallwellen von zwei solchen Mauern oder Wänden. Was dort die wiederholt sich zeigenden Bilder, das sind hier bei hinreichender Entfernung der Wand die Echo's.

Erscheinen Körper in einer gewissen natürlichen Farbe, so haben sie nur gerade für diese Farbe Resonanz, wie ein bestimmter Ton nur von einem solchen Körper resonirt, der das bestimmte Spannungsverhältniß für die selbstständige Hervorbringung dieses Tones besitzt.

Bildet man aus Kollodiumhäutchen große bikonvexe Linsen, die man mit Kohlensäure füllt, so erleiden die durchgehenden Schallwellen eine ebensolche Refraktion, wie die Lichtwellen durch bikonvexe Gläser.

Daß die verschiedenen Farben des Spektrums ein verschiedenes Brechungsvermögen besitzen, liegt darin, daß in ihnen

wegen der Verschiedenheit ihrer Schwingungszahlen ein verschiedenes Bewegungsmoment liegt. Da nämlich die Schwingungszahlen vom Roth bis zum Blau wachsen, so wächst auch die Brechbarkeit in dieser Richtung, so daß das energische Blau gewissermaßen tiefer und schneller eindringt, als das schwächere Roth. Aehnlich ist es mit den Tönen eines tiefen Basses und eines hohen durchdringenden Diskantes, einer großen Glocke und eines Glöckchens.

Die Schwingungsweite (nach ihrem Quadrate) bestimmt die Intensität, also beim Lichte die Helligkeit, beim Schalle die Stärke; die Schwingungsdauer (Menge der Schwingungen) bedingt die spezifische Verschiedenheit, also beim Tone die Höhe, bei dem Lichte die Farbe.

So wie eine Farbe kann auch ein Ton einfach sein; es giebt aber auch Kombinationsfarben und Kombinationstöne. Zur Kombinationsfarbe muß, wie zum Kombinationstone, eine größere Wellenlänge und Schwingungsdauer (kleinere Schwingungszahl) gehören, als zu den kombinirenden. Daher muß z. B. aus Roth und Gelb ein tieferer Farbenton jenseits des Roth entstehen; aus c und g entsteht das tiefere C. Kombinationsfarbe und Kombinationston werden um so tiefer oder besitzen um so geringere Schwingungszahlen, je geringer die der kombinirenden Elemente sind und je weniger sie sich von einander entfernen.

Es giebt ebenso gut eine Harmonie und Disharmonie der Farben, wie eine der Töne. Auge und Ohr können durch das gemeinschaftliche Auftreten zweier Farben und zweier Töne angenehm oder unangenehm berührt werden. Auch in anderen physiologischen Beziehungen lässt sich die Analogie nachweisen.

So wie bei verschiedenen Menschen das Ohr für die oberen und unteren Grenzen der Töne eine ungleiche Empfänglichkeit hat, so besitzt sie auch das Auge für die Farben, indem es jenseits des Roth und Violett für das gewöhnliche Auge noch unsichtbares Licht giebt.

Das Licht enthält zwar nur eine Oktave für die Grenzen der Wahrnehmung durch unser Auge, während das Reich der Töne, die überhaupt wahrgenommen werden können, 12 Oktaven umfasst; dagegen muß man über die Empfänglichkeit des Auges

für die enorme Menge von Schwingungen in einer Sekunde ebenso staunen (von etwa 450 bis fast 800 Billionen), wie über die Empfänglichkeit des Ohres für die Unterscheidung der Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde (es kann die Töne mit 1200 und 1201 Schwingungen noch unterscheiden). Das Bewegungsmoment für die Erregung beider kann wohl gleich gedacht werden.

Lichtwellen sehen wir nicht, und Schallwellen hören wir nicht, wenn die Schwingungen in der Richtung der Axen des Auges und des Ohres gehen. Die Intensität wächst bei beiden, je mehr die Schwingungsrichtung gegen die Axe sich dem rechten Winkel nähert. Polarisirtes oder in einer Ebene schwingendes Licht durchlauft nämlich während der Drehung des Zerlegungsspiegels um einen Quadranten die abnehmenden Stadien der Sichtbarkeit von der mit diesem Spiegel parallelen bis zur senkrechten Lage, während die Richtung der Schwingungen gegen die Augenaxe von der senkrechten in die parallele Lage übergeht. Ebenso ist eine Abnahme der Schall-Intensität zu erkennen, wenn man bei einer tönenden Klangscheibe die Axe des Ohres von der senkrechten Lage gegen die Scheibe in die Ebene der Scheibe bringt. Bei Longitudinalschwingungen ist es umgekehrt.

So wie das Auge abgestumpft wird durch einen dauernden Licht-Eindruck und nach langem Beschauen einer gewissen Farbe nachher auf einer weißen Fläche die subjektive Komplimentärfarbe sich bildet, so auch das Ohr durch einen anhaltenden Ton. Hält man nämlich von zwei gleichtönenden Stimmgabeln die eine etwas früher vor das eine Ohr, als die andere vor das andere, so ist das zuerst in Anspruch genommene Ohr so abgestumpft, daß man nur noch mit dem anderen hört; oder dreht man von den beiden gleichtönenden und zugleich an die beiden Ohren gebrachten Gabeln die eine um ihre Axe, so hört man nicht abwechselnd beide und dann nur die eine nicht gedrehte Gabel, sondern abwechselnd nur die eine und dann die andere, indem das Ohr, vor welchem die nicht gedrehte Gabel sich befindet, durch das fortwährende Hören des Tones so abgestumpft ist, daß es nur noch während der Interferenzzeiten der anderen Gabel gut zu hören fähig ist.

So wie die Luft den Schall entweder nur fortpflanzt oder selbst schallt (in Pfeifen), so ist es auch in Beziehung auf das Licht mit dem Aether der Fall; er pflanzt z. B. das Sonnenlicht im Weltraume und in allen für weißes Licht durchsichtigen Körpern fort, aber er leuchtet auch selbst im elektrischen Funken, wie im elektrischen Eie oder bei der Kompression von Luft, Wasser und andern Körpern. In beiden Fällen sind dort fortschreitende, hier stehende Wellen. Die kurze Dauer des Blitzes ist hinreichend, eine große Menge äußerst rasch aufeinanderfolgender Schwingungen geschehen zu lassen. Wird die Dauer des elektrischen Funkens zu $^1/_{1152000}$ einer Sekunde und die mittlere Schwingungszahl des Lichtes auf 600 Billionen angenommen, so ist das Erscheinen des elektrischen Funkens immer noch mit fast 521 Millionen Schwingungen verknüpft. Die Erscheinung des Blitzes ist analag der einer tönenden Pfeife; bei beiden sind die Schwingungen stehende, und von beiden aus gehen fortschreitende. Daß aber im elektrischen Funken der Aether selbst leuchtet, d. h. in stehenden Schwingungen begriffen ist, geht auch daraus hervor, daß der elektrische Funke durch alle farbigen Gläser in der betreffenden Farbe sichtbar ist und niemals durch sie ausgelöscht wird, selbst dann nicht, wenn, wie bei der Anwendung eines grünen, durch ein rothes bedeckten Glases, alle durchgehenden Strahlen des Tageslichtes verschwinden, und daß sich der elektrische Funke selbst da noch zeigt, wo eine eigentliche Verbrennung unmöglich ist, z. B. im Stickstoffe, im kohlensauren Gase, in Aetherdämpfen (mit den bekannten Schichtungen), im Wasser. Ueberall macht der Alles durchdringende Welt-Aether stehende Schwingungen*).

In allen Erscheinungen giebt es eine Koinzidenz und Interferenz oder ein Aufheben gleicher entgegengesetzter Kräfte.

Die folgenden Betrachtungen werden erkennen lassen, daß nicht blos bei Schall und Licht, sondern in allen fünf Erschei-

*) Bei den Flammen mit verschiedenen Farben, wie sie auch durch Elektrizität in verschiedenen Körpern erzeugt werden, sind die Schwingungszahlen

nungen etwas Gemeinsames existiren müsse, dessen äußerliche Verschiedenheit nicht in dem Grundprinzipe, sondern nur in der Verschiedenheit der Körperwelt und dem Wesen der erregenden Kräfte zu suchen ist.

Ueberall, wo einer Bewegung ein Hinderniß entgegentritt, entstehen neue Zustände: durch Reibung entsteht nach ihrem Grade und der Verschiedenheit der geriebenen Körper Schall, Wärme, Licht, Magnetismus, Elektrizität. Eisenstäbe werden durch Hämmern, wobei sie tönen, zunächst magnetisch und dann, besonders, wenn es auf einem Ambos geschieht, warm und sogar glühend. — Druck erzeugt am Bergkrystalle Elektrizität, an der Luft Wärme, am Glase Lichtphänomene. Daraus folgt, daß alle diese Erscheinungen nicht wesentlich verschieden sein können.

Wenn ferner Elektrizität erzeugt wird durch Reiben, Drücken, Spalten, durch Erwärmung der Körper, durch Annäherung oder Berührung heterogener Metalle oder selbst homogener; wenn sie nur irgend eine Verschiedenheit in Politur, Dichtigkeit, Härte, Form, Temperatur oder in dem Mischungsverhältnisse der Bestandtheile darbieten; wenn selbst die Verschiedenheit der Zeit des Eintauchens ganz gleichartiger Metalle in eine bestimmte Flüssigkeit; wenn die Krystallisation und die chemischen Prozesse sie erzeugen: so kann in diesen Mitteln nur eine scheinbare Verschiedenheit liegen. Aehnlich verhält es sich mit dem Schalle, den man unter Anderem durch Blasen,

der stehenden Schwingungen verschieden und stehen sicher im umgekehrten Verhältnisse zu den Atomgewichten. Schlägt ein elektrischer Funke durch verschiedene Medien zwischen verschiedenen Körpern über, so ist sein Licht gemischt aus dem des Mediums und dem der Theilchen der Körper, zwischen denen er überschlägt. Das durch den Farbenton ausgedrückte Bewegungsmoment des Funkens ist ebenso von dem Medium und den von Leitern abgerissenen Atomtheilen abhängig, wie die Höhe des akustischen Tones von dem Wesen und der Reinheit des tönenden Mittels. Wenn im destillirten Wasser der elektrische Funke roth, im Salzwasser gelb ist, so läßt sich schließen, daß im letzteren die Aethersphären der massenreicheren zusammengesetzten Molekel dichter und elastischer sind, da Gelb eine größere Schwingungszahl als Roth hat. Daher tritt auch die Funkenentladung bei einer Kochsalzlösung früher ein, als beim destillirten Wasser.

Schlagen, Streichen oder Reiben, Verbrennen von Knall- oder Leuchtgas erzeugen kann*).

Geht um die Mitte einer etwa 4 Fuß langen, 1 Zoll starken Stange aus weichem Eisen eine starke Kupferdrahtrolle, so tönt jene (der Deutlichkeit wegen auf einen Resonanzboden gestellte) Stange in dem Augenblicke des Schließens und Oeffnens einer starken Batterie. Oder umgiebt man eine Induktionsrolle, in welcher unterbrochene elektrische Ströme erregt werden, mit einer dünnen Metallröhre, deren Ränder bis zur losen Berührung zusammengebogen sind, so entstehen nach der Natur, der Elastizität des Stoffes und den Dimensionen der Röhre verschiedene Töne, deren Intensität mit der des Stromes zu- und abnimmt. Eine Eisenröhre kann sogar neben der Induktionsrolle stehen und tönt dennoch.

Ebenso entstehen Töne bei der Berührung zweier verschiedener, ungleich erwärmter Metalle (Thermophon) und, wie schon bemerkt, bei einem diskontinuirlich magnetisirten Stahlstabe**).

Da nun Töne nur dadurch entstehen, daß die kleinsten Massentheilchen eines Körpers in schwingender Bewegung sind; und da Töne durch Wärme, Magnetismus und Elektrizität er-

---

*) Ein interessantes Beispiel davon, daß eine oszillatorische Bewegung eine andere hervorruft, giebt nach meiner Auffassungsweise des Vorganges die chemische Harmonika. Wenn nämlich das Flämmchen des brennenden Gases (Leuchtgas, Wasserstoffgas) außerhalb des Röhrchens in einem gewissen Zeittheilchen eine kleine Portion Sauerstoff verbraucht hat, drückt die übrige äußere Luft, um das Gleichgewicht herzustellen, das Flämmchen in die Brennöffnung; aber das sich entwickelnde Gas drängt es wieder hinaus. Dieser rein mechanische Vorgang (ähnlich dem an der Zugthüre eines Ofens, in welchem ein Feuer lebhaft brennt, wobei die Atmosphäre stoßweise die bei der raschen Verbrennung an der Oeffnung theils durch die Wärme verdünnte, theils verzehrte Luft durch ihren Druck ersetzt) wiederholt sich so äußerst rasch, daß man im Finstern selbst den inneren Theil des Flämmchens konstant zu sehen glaubt, und ist die Veranlassung (wie die Zunge einer Zungenpfeife, bei der die Vibrationen der Zunge ja auch die angrenzende Luftsäule der Pfeife in Schwingungen versetzen) zu den Tonschwingungen der über das Flämmchen gehaltenen Luftsäule.

**) Blei tönt wegen seines unelastischen Zustandes weder durch Wärme, noch durch Elektrizität.

zeugt werden: so sind diese Erscheinungen unstreitig auch Bewegungs- und, weil keine fortschreitenden, so Molekularbewegungs-Erscheinungen.

Die Verwandtschaft von Elektrizität und Wärme ist eine so innige, daß sie sich förmlich in einander verwandeln lassen. Besteht nämlich der Schließungsdraht einer voltaischen Kette von hinreichender Intensität aus abwechselnd gleich langen und dicken Platin- und Silberdrahtstücken, und wird die elektromotorische Kraft zu keinem anderen Zwecke verwendet, so werden jene alle gleichmäßig erwärmt oder glühend, diese aber nicht, gleichgiltig, welches Metall den positiven Pol berührt. Daß also hier abwechselnd Elektrizität zu Wärme und diese zu jener wird, und zwar ohne Aenderung der Quantität, ist klar, weil sonst nicht alle folgenden Platinstücke die gleiche Temperatur erlangen würden. (Der Grad der Erwärmung steht mit der Leitungsfähigkeit natürlich in umgekehrtem Verhältnisse).

Einen ähnlichen Fall der Verwandlung giebt es für die Spannungs-Elektrizität. Legt man nämlich ein Blatt gewöhnlichen Maschinenpapiers (je feiner desto besser, Löschpapier ist unbrauchbar) dicht an eine heiße Ofenkachel, so zeigt es, nachdem man es entfernt hat, noch keine Elektrizität, sondern besitzt nur die Wärmeschwingungen; aber wenn man es bei oder nach der Erwärmung einseitig mit der trockenen Hand in einerlei Richtung gestrichen hat, so ist es kräftig elektrisch und besitzt Spannnngs-Elektrizität*).

Wenn Elektrizität und Wärme einander erzeugen und die Wärme eine Bewegungs-Erscheinung ist, so ist es wohl auch die Elektrizität. Zu demselben Schlusse führt die Thatsache, daß sowohl Licht, als auch Elektrizität im Stande sind, zwei Luftarten zu einem dritten Körper zu verbinden, z. B. Wasserstoff und Chlorgas geben durch Licht Salzsäure; Wasserstoff und Sauerstoff durch Elektrizität Wasser.

---

*) Ein solches Blatt Papier, ein gewöhnliches trockenes Trinkglas und ein metallenes Kaffeebrett geben einen höchst einfachen, aber ziemlich wirksamen Elektrophor. Nachdem das Papier auf das Kaffeebrett, welches durch das Glas isolirt ist, gelegt worden, wird es oben ableitend berührt, in paralleler Richtung aufgehoben, und das Metall giebt dann den Funken.

Selbst physiologische Wahrnehmungen enthalten eine Bestätigung. Wenn wir nämlich durch unseren Willen im Stande sind, Bewegungen unserer Muskeln so zu leiten, daß dadurch gewisse Gemüthsaffectionen ausgedrückt werden, und es feststeht, daß jede Muskelbewegung eine rein mechanische, mathematischen Gesetzen unterworfene Thätigkeit ist, bei welcher der elektrische Muskelstrom intensiver wird; so ist nicht daran zu zweifeln, daß, wenn wir durch richtige Anwendung von Elektrizität auf die betreffenden Muskeln ihnen diese Thätigkeit geben, die Elektrizität dafür das mechanische Moment enthalten muß*). Auch Schallschwingungen, z. B. bei einer Glasharmonika, wie sie Chladin hatte, selbst blos beim Reinigen von Porzellan, beim Reiben von Eisen auf Eisen, sind im Stande, die Nervenschwingungen so abnorm zu machen, daß augenblickliche Kraftlosigkeit oder Ohnmacht, wie sie aus rein physischen Einwirkungen hervorgeht, die Folge ist.

Wenn von den fünf Erscheinungen jede die andere erzeugt, so können wir dies nur als einen Umwandlungsprozeß für die Veränderung des Zustandes ansehen, welcher seine Quelle an der Stelle hat, wo das Hinderniß der Verbreitung des primären Zustandes beginnt. Es kann die Uebertragung direkt oder durch einen Zwischenkörper geschehen, der dann selbst mehr oder weniger an dem Zustande theilnimmt oder ihn auch modifizirt.

Wärme z. B. entsteht an der geriebenen Stelle; ein Körper wird um so mehr durch die Sonnenstrahlen erwärmt, je mehr er ihren Durchgang hemmt; eine Flüssigkeit wird durch den elektrischen Strom um so mehr erwärmt, je mehr Hindernisse

*) Die beim menschlichen Körper im krankhaften Zustande eintretende Kraftlosigkeit hat ihren Grund vorzüglich in der Isolirung der Partikularströme, welche durch Trockenheit der Haut begünstigt wird. Es ist also natürlich, daß Bäder wegen der Leitungsfähigkeit des Wassers und der darin etwa aufgelösten Stoffe stärken müssen, da die früher isolirten Ströme sich zu einem Ganzen verbinden können. Befindet man sich in einem sogenannten elektrischen Bade (in einer elektrischen Atmosphäre), so hat man selbst das Gefühl der Wärme, zum Zeichen, daß eine bewegende Erregung im Körper eingetreten ist.

er auf seinem Wege findet, z. B. dünne, senkrecht zum Strome in die Flüssigkeit aufgestellte Häutchen.

Wird mechanische Thätigkeit in Molekularbewegung verwandelt, so tritt letztere nicht nur an verschiedenen Stoffen, sondern auch an demselben Stoffe in verschiedener Weise auf. An einem bestimmten Leitungsdrahte für die elektrischen Erscheinungen sind gleichzeitig magnetische, thermische, optische und selbst akustische wahrzunehmen, was ein neues Zeichen der innigen Verwandtschaft aller und davon ist, daß sie alle in Molekularbewegungen bestehen.

Noch eine Bestätigung davon liegt darin, daß überall, wo sich ein Mangel an Verwandtschaft bei zwei Stoffen zeigt, für die Elektrizität der Uebergangswiderstand mit diesem Mangel wächst. Daher geht z. B. die kontinuirliche Entladung (Strom) in die diskontinuirliche (Funkenentladung) über, falls die Endflächen der Elektroden, wenn auch äußerst wenig, mit Oel bekleidet werden. Ueberhaupt befördert die Unreinheit der Elektrodenflächen die Funkenentladung.

Wenn man einmal das Ohr an eine Telegraphenstange während ihres Tönens legt, so staunt man über das Molekularleben, was sich in ihrem Innern regt, bei äußerlich scheinbar größter Ruhe. — Wie wunderbar mannigfaltig die Molekularbewegungen eines bestimmten Körpers sein können, davon giebt noch ein interessantes Beispiel ein Metalldraht, welcher von einem Resonanzboden in einem Konzertsaale bis zu einem anderen Resonanzboden au einem selbst sehr entfernten Orte reicht. Man hört durch diesen Draht gleichzeitig die Töne der verschiedensten Instrumente mit allen ihren Eigenthümlichkeiten und Schattirungen und hat so ein bewundernswürdiges Miniaturtongemälde. — Aehnliche Molekularbewegungen sind ebensowohl in jedem warmen Körper und um so mehr, je wärmer er ist, nur daß wir seine inneren Regungen nicht hören, sondern fühlen, als auch bei jedem leuchtenden Körper, dessen Thätigkeit wir sehen.

So wie jeder frei bewegliche Körper als Ganzes bei der Formation der Erde je nach seinem spezifischen Gewichte und der Lage seines Schwerpunktes eine bestimmte Lage angenommen

hat, so geschieht es auch mit den Atomen verschiedener Stoffe, wenn sie zusammengesetzte Molekel bilden. Bei den Gebilden im Großen verlangt die Gravitation eine bestimmte Lagerung gegen den Horizont, wie es ja auch die Pflanzenwelt täglich zeigt; und wenn z. B. die Basaltsäulen jetzt verschiedene Lagen haben, so ist das ein durch spätere Revolutionen erzwungener Zustand. Bei den Gebilden im Kleinen oder bei den Molekularformen werden wesentlich dieselben Naturgesetze stattfinden müssen, nur daß sie durch die Erdschwere modifizirt werden. Die Molekularform der Flüssigkeiten ist wohl die Kugel im indifferenten Gleichgewichtszustande, welche den raumerfüllenden Stoff mit der möglich kleinsten Umgrenzung versieht. — Wenn ein Maß Wasser 670 Maß Ammoniakgas verschluckt, so möchte man glauben, daß sich die Atome der Stoffe in konzentrischen Kugelschalen lagern. Durch die Kugelform ist auch die große Widerstandsfähigkeit bei der Kompression erklärlich. Sowie aber sich aus einer Flüssigkeit ein fester Körper gestaltet, so nehmen die Molekel andere und für bestimmte Stoffe auch bestimmte Formen an, die weniger raumerfüllend sind, also auch kompressiblere Körper geben. So nun wird auch die Lagerung der Molekel eines bestimmten Körpers eine bestimmte sein. Da die Atome der irdischen Körper von Aetherhüllen umgeben sind, deren Dichtigkeit sich nach dem Atomgewichte richtet, und da bei festen Körpern die Form und Lagerung der aus Atomen bestehenden Molekel verschieden ist; so wird auch der Aether in verschiedenen Körpern und oft in demselben Körper nach Verschiedenheit der Temperatur und Richtung eine verschiedene Dichtigkeit haben. Das Lichtbrechungsvermögen des Wassers z. B. nimmt ab, wenn es erwärmt, und noch mehr, wenn es in Dämpfe verwandelt wird, woraus folgt, daß der in ihm enthaltene Aether mehr die normale Dichtigkeit des außerhalb des Körpers vorhandenen annimmt, was durch die Vergrößerung des Körpervolumens gerechtfertigt ist. Der andere Umstand lässt sich bei Körpern mit krystallinischem Gefüge an dem Blätterdurchgange leicht äußerlich sogar wahrnehmen und ist bei anderen aus den Lichtbrechungs- und Polarisationsgesetzen zu schließen, da der Winkel, unter welchem sowohl reflektirtes als gebrochenes Licht bei einem be-

stimmten Körper polarisirt wird, ein bestimmter ist, wobei die Polarisationsebenen gebrochener und reflektirter Strahlen stets auf einander senkrecht stehen und der reflektirte polarisirte Strahl mit dem gebrochenen einen rechten Winkel bildet, so daß einer den andern bestimmt. Die Lage der Molekel muß demnach eine solche sein, daß sie den Lichtschwingungen bei der Brechung den Eintritt gestattet, was nur geschehen kann, wenn die Schwingungen in der Richtung der Lagerungen, also mit ihnen parallel geschehen, während bei der vollständigen Polarisation durch Reflection, d. h. bei der Zurückwerfung unter dem Polarisationswinkel die Lichtwellen senkrecht auf jene Schichtungen (nicht auf die Begrenzungsfläche des Körpers) treten müssen, um vollständig polarisirt zu werden. Bei jedem krystallinischen Körper müssen also die Schichtungen der aus Atomen bestehenden Molekel gegen die natürlichen (nicht künstlich hervorgebrachten) Grenzflächen stets einen Winkel bilden, der die Ergänzung des Brechungswinkels zu 90 Graden ist.

Aus diesen Gründen ist also z. B. eine Turmalinplatte nur dann durchsichtig, wenn die Aetherschwingungen in einer zur Hauptaxe desselben parallel gerichteten Ebene stattfinden; undurchsichtig, wenn sie darauf senkrecht sind, wobei die Lichtschwingungen in der Richtung, in welcher sie ankommen, auch wieder zurückgeworfen werden.

Die merkwürdige Erscheinung, daß eine Glasscheibe doppelt brechend wird, wenn sie durch Longitudinalschwingungen zum Tönen gebracht ist, lässt sich aus diesem Gesichtspunkte leicht erklären. Ist nämlich ein die Lichtstrahlen nicht durchlassender Körper in der Richtung der Gesichtslinie vor einem zweiten, so ist dieser natürlich nicht sichtbar; wird es aber, sowie jener schnell genug transversal gegen die Gesichtslinie oszillirt. Daher gestatten die durch das Tönen der Scheibe erzeugten Schwingungen der Molekel, an denen der Aether theilnimmt und auf diese Weise nach verschiedenen Richtungen im Glase eine verschiedene Elastizität und Dichtigkeit bekommt, einem auf sie fallenden Lichtstrahle außer auf dem gewöhnlichen Wege der Refraktion noch auf einem zweiten den Durchgang.

Je gleichmäßiger ein Medium ist und je weniger von fremdartigen Körpern unterbrochen, desto besser pflanzt es eine Erscheinung fort. Licht z. B. geht durch eine weiße Glasscheibe, nicht aber durch dasselbe Glas, wenn es klein gestampft ist, also viele Luft enthält. Ebenso wird der Schall durch den Wechsel der Medien sehr geschwächt. Wärme wird in lockeren Körpern (Asche, Spreu, Wolle, Pelzwerk, Eis) schlecht, in den regulinischen Metallen gut geleitet, in den Oxyden aber auch schlecht, wie die Elektrizität. In den schlechten Leitern sind die Molekularbewegungen einem häufigen Wechsel ausgesetzt, wodurch sie abgeändert werden; in den guten nicht. Dort werden stehende Bewegungen gebildet, hier sind nur fortschreitende. Wenn mit der Veränderung des Aggregatszustandes das innere Gefüge des Körpers ein gleichmäßigeres wird, so werden Nichtleiter zu Leitern, wie z. B. Glas, Siegellack, Schwefel für die Elektrizität; Stahl für den Magnetismus, wenn sie nämlich erwärmt und endlich flüssig gemacht werden.

Wie wesentlich nicht nur die Oberflächenbeschaffenheit der Körper, sondern auch ihre innere Struktur und die Natur ihres Stoffes ist bei der Umwandlung der Erscheinung, zeigt sich recht deutlich auch an der Insolation. Das Sonnenlicht erwärmt die Körper um so mehr, je undurchsichtiger sie sind, d. h. je mehr die Aetherschwingungen in dem Stoffe des Körpers selbst auch Schwingungen hervorbringen und je weniger sie durch den in dem Körper befindlichen Aether fortgeleitet werden. In dem Brennpunkte eines Brenglases kann man daher wohl Gold schmelzen, nicht aber Wasser zum Kochen bringen.

Ist die Phosphor-Eszenz eine Nachwirkung der Insolation, so lässt sie sich vergleichen mit dem Zustande schlechter Leiter für Wärme und Elektrizität; es bilden sich in ihnen stehende Schwingungen. In allen drei Fällen halten die Körper den aufgenommenen Schwingungsgrad längere Zeit fest.

Die Aetherschwingungen haben wegen ihrer großen Schwingungszahl trotz der Zartheit des Aethers doch ein so energisches Bewegungsmoment, daß sie die massenreichen irdischen Körper durch eine fortdauernde Einwirkung je nach dem Grade der

Fähigkeit der irdischen Körper, diese Schwingungen anzunehmen und zufolge des Beharrungsgesetzes in sich zu erhalten, in hohe Temperaturen zu versetzen im Stande sind, aber nur bis zu einem gewissen Maximum, über welches hinaus wegen der Ausgleichung mit den umgebenden Leitern und den obwaltenden Temperaturverhältnissen keine Vergrößerung stattfinden kann*).

Wird also Licht durch dunkle Körper absorbirt und in Wärme verwandelt, so will dies nichts weiter sagen, als daß ohne Aenderung des Bewegungsmomentes die äußerst raschen Schwingungen des Aethers verwandelt werden in langsamere der irdischen massenreichen Körper, wobei die Absorption und die Erwärmung gleichen Schritt halten und der andere Theil des Bewegungsmomentes auf die Reflexion kommt, welche mit der Strahlung, also auch mit der Absorption, ein grades Verhältniß bildet. Je rauher nämlich die Ober-

*) Ein bestimmtes Bewegungsmoment des raumerfüllenden Aethers wird in verschiedenen Körpern verschiedene Schwingungen erzeugen; gleichwie man durch eine bestimmte Kraft an verschiedenen Körpern verschiedene Töne hervorbringt. — Im Sommer werden durch Insolation die Steine u. s. w. sehr heiß; im Winter, ungeachtet derselbe Inzidenzwinkel hervorgebracht werden kann, nicht! Man würde aber einen Fehlschluß machen, wenn man aus der Temperatur des durch Insolation erwärmten Körpers auf das Kraftmoment der Sonnenstrahlen einen Rückschluß machen und sagen wollte, daß hier eine Gleichung stattfindet. Eine bestimmte Lokomotive würde auch nicht im Stande sein, einen ruhenden Wagenzug in Bewegung zu setzen, wenn die sämmtlichen Wagen ein ununterbrochenes Ganze bildeten und die Summe der Reibungswiderstände aller Wagen durch den der Lokomotive allein auf einmal überwunden werden sollte (da letzterer in der Regel kleiner ist, als ersterer). Die Molekel eines Körpers stehen, wie die einzelnen Wagen, auch nicht in einem festen ununterbrochenen Zusammenhange; daher gehen die Bewegungsmomente von Theil zu Theil über, und die früher in Bewegung gesetzten unterstützen durch das Beharrungsvermögen die Wirkung auf die folgenden.

Hat man einen Kupferstich den direkten Sonnenstrahlen ausgesetzt und legt ihn dann im Finstern auf sehr empfindliches photographisches Papier, oder bringt man ihn auch nur in seine Nähe, oder legt man ihn etwa 24 Stunden auf weißen Pappdeckel und dann blos diesen auf das photographische Papier; so bekommt man in Schwarz eine Kopie. Gleich dem Papiere ist auch Holz, nicht aber Glas und die Metalle zu dieser Nachwirkung der Insolation geeignet. Eingeschaltetes Glas hindert den Abdruck.

fläche eines bestimmten Körpers ist, desto eher nimmt er die von außen erregten Wärmeschwingungen auf und verliert auch seine eigenen, weil im ersten Falle die Wellen an den Unebenheiten zum Theil nach dem Körper selbst hin, also nach seinem Inneren, reflektirt werden und im letzteren Falle die schwingenden Spitzen dem äußeren Medium mehr Berührungspunkte darbieten, als gleich große Körpertheile an glatten Grenzflächen, welche weder gut strahlen noch absorbiren; sondern gut reflektiren*).

Nach diesen Darstellungen würden wir behaupten können: Licht ohne Wärme sind Aetherschwingungen, Wärme ohne Licht sind Schwingungen der Molekel irdischer Körper mit einer für Licht noch unzureichenden Schwingungszahl des durchdringenden Aethers, und Licht mit Wärme sind die vereinten Schwingungen des Aethers und der von ihm durchdrungenen Körper.

Als Träger der Lichtschwingungen kann nur der Aether angesehen werden, als Träger der Wärme die irdischen Körper und der Aether; die Verbreitungsweise der Wärme in jenem nennt man Strahlung, in diesen Leitung. Der leere Raum kann daher die Wärme nur strahlen lassen, nicht leiten, und die schnelle Verkleinerung eines leeren Raumes erzeugt keine Wärme. Weil aber der Aether als ein absolut elastischer Körper alle Störungen des Gleichgewichtes in der Natur mit außerordentlicher Leichtigkeit in sich aufnimmt und fortführt, so erregt er auch die von ihm durchdrungenen irdischen Körper allmählich zu gleicher Thätigkeit, obwohl sie ihm mehr oder weniger Hindernisse bereiten. Die Erde z. B. verliert ihre Wärme durch Strahlung um so besser, je heiterer der Himmel ist; denn Dünste und Wolken hindern die Strahlung.

Da es keinen Körper giebt, welcher fähig wäre, die Wärme abzuschließen, so muß alles Materielle als solches entweder unmittelbar zu Wärmeschwingungen angeregt werden können, oder alles Materielle wird, weil es von dem raumerfüllenden Aether durchdrungen ist, in seine Bewegung hineingezogen. Die Lichtschwingungen sprechen für die zweite Alternative, woraus sich

*) Thau- und Reifbildung an Kanten und Spitzen.

auch, weil die Aetherschwingungen in den Körpern einen Widerstand finden, der sein an sich geringes Bewegungsmoment fort und fort summirt, der bedeutende mechanische Erfolg der Wärmeschwingungen in den irdischen Körpern erklären lässt. Die bloßen Aetherschwingungen an sich können ein solches mechanisches Moment nicht haben.

Die Molekularkräfte äußern sich ohne Rücksicht auf die Schwere und stehen zu den Schwerkräften, denen alle Körper als solche unterworfen sind, nur insofern in einer gewissen Beziehung, als sie sich dann nicht auf meßbare Entfernungen wirksam äußern können, wenn die Summe ihrer Kräfte die Summe der Schwerkräfte der Atome des affizirten Körpers nicht übersteigt. (Kapillaranziehung, elektrische und magnetische Anziehung.)

Die Wirkungen auf unmeßbar kleine Entfernungen sind oft sehr bedeutend*) und zeigen verschiedene Stufenfolgen in Zerstörung und Herstellung von Verbindungen. Elektrizität zerstört im Verein mit Wärme Metalle, durch welche sie geht, sie löset die Bande chemischer Verwandtschaft auf, sie scheidet Metalle regulinisch aus (aus Kali erhält man das Kaliummetall); Zink entzieht unter dem Einflusse der Elektrizität, und Phosphor unter dem des Lichtes dem Wasser seinen Sauerstoff; Goldchlorid (Gold in Königswasser gelöst) wird durch Licht in Chlor und metallisches Gold zerlegt.

Licht und Elektrizität bewirken auch chemische Verbindungen: Licht verbindet Chlorgas mit Wasserstoffgas zu Salzsäure, Elektrizität den Sauerstoff und Wasserstoff zu Wasser. Daraus ergiebt sich, daß, weil Licht und Elektrizität Molekularbewegungen in den Körpern, durch welche sie gehen, erzeugen, sie selbst dergleichen sind. Beim Lichte zeigt sich der Grad der zersetzenden Kraft recht auffallend abhängig von dem mechanischen Bewegungsmomente, indem die Einwirkung des Farbenspektrums auf Chlorsilber nach dem durch seine große Schwingungszahl energisch

*) Kapillarattraktion sprengt Felsen, die Krystallbildung wirkt auch mächtig nach außen.

wirkenden Violett hin wächst. (Das Photographiren und Daguerreotypiren, der chemische Brennpunkt.)

Sind doch selbst ganz unregelmäßige äußere Erschütterungen schon hinreichend, die in konzentrirten Lösungen enthaltenen Stoffe auszuscheiden und zum Krystallisiren zu bringen, um wie viel mehr die äußerst regelmäßigen und unendlich zarten des Lichtes und der Elektrizität. Wenn schon Luftschwingungen mechanische Erfolge hervorbringen (sie löschen z. B. das Flämmchen der chemischen Harmonika aus, bringen in Kirchen bei kräftigen Orgeln die Kronleuchter in oszillirende Bewegung, sprengen Gläser, wenn man recht energische Wellen der Töne, die sie gut resoniren, in sie gelangen lässt); so ist es nicht zu verwundern, wenn die thermischen Molekularbewegungen massenreicherer Körper im Stande sind, bedeutendere Effekte zu erzeugen; z. B. Maschinen, Schiffe in Bewegung zu setzen. Auch die Wärme befördert oder hindert durch ihr Zu- oder Abnehmen chemische Verbindungen oder Trennungen, indem sie durch ihre Bewegungen die Stoffe lockert. Als Arbeit ist die Wärme nutzlos, wenn sie strahlend wirkt, weil ihr Träger, der kosmische Aether, den Gesetzen der Schwere nicht unterworfen ist und als außerordentlich zart an sich auch nur ein unbedeutendes Bewegungsmoment hat; wohl aber dann, wenn sie von einem irdischen Körper in einen anderen kälteren Körper übergeht, wobei das mechanische Moment um so größer ist, je kälter der letztere ist. (Kalorische Maschinen.)

Da die verschiedenen Körper eine Verschiedenheit der Gestalt und der Lagerung ihrer Molekel darbieten, so ist es erklärlich, wie eine von einem Körper ausgehende gewisse Bewegungsart in einem andern Körper modifizirt werden kann. Jenachdem die Molekel grade oder schiefe, zentrale oder exzentrische Stöße erhalten, werden sie theils fortschreitende, theils drehende, theils drehende und fortschreitende Oszillationsbewegungen annehmen müssen*).

*) Eine der alltäglichsten Umwandlungen haben wir an den Uhren. Die beim Aufziehen einer Uhr, mag es durch Hebung von Gewichten oder Zusammendrehung von Federn geschehen, in kurzer Zeit angewendete Kraft,

Die Wärme ist es vorzüglich, welche den in den todten Massen liegenden Anziehungskräften entgegenwirkt und einen überall nach Assimilation und Einheit strebenden Kampf einleitet, der nicht früher nachlassen wird, als bis die innere Erdwärme nach außen und die Sonne von außen zu wirken aufhört. Mit Ausnahme der Ebbe und Fluth, welche wegen der darin stattfindenden Bewegung auch eine Wärmequelle sind, und des Fallens im weitesten Sinne des Wortes sind die übrigen Bewegungen auf der Erde nur durch die Wärme bedingt. Freilich tragen die willenbegabten Wesen auch das Ihrige zu den Umgestaltungen auf der äußersten Erdrinde bei, aber können dies auch nur unmittelbar oder mittelbar durch die Wärme. — Demnach werden wir unter Berücksichtigung der angeführten Thatsachen und gestützt auf allgemeine Prinzipien bei der Untersuchung der Natur der obigen Erscheinungen mit der Wärme beginnen.

Wenn bereits der innige Zusammenhang der fünf Erscheinungen feststeht; wenn es ermittelt ist, daß sie unter denselben Einflüssen oft nach einander, oft gemeinschaftlich auftreten; wenn sie sogar in einander verwandelt werden können, wobei nur die Natur der Körper, welche die Uebertragung vermitteln, die äußere Verschiedenheit bedingt; wenn es endlich Thatsache ist, daß der Schall und das Licht nichts Materielles sind: so ist bereits die Wahrscheinlichkeit nahe gelegt, daß auch die anderen nichts Materielles sein werden, daß also bei keiner die Erscheinung einem besonderen Stoffe, einer besonderen Flüssigkeit, welche sich irgendwo anhäuft und anderwärts fehlt, oder welche nach einem gewissen Ziele hinströmt, zuzuschreiben ist. — Aber auch aus ganz allgemeinen Prinzipien ist mit Rücksicht auf ihre Entstehungsweise die Gewißheit gegeben, daß sie etwas Materielles nicht sein können, sondern Bewegungserscheinungen sein müssen.

---

die entweder der Schwere oder der Kohäsion entgegengesetzt wirkte, wird umgewandelt in die auf eine viel längere Zeit vertheilte Pendelbewegung. Es ist eine Gleichung zwischen den Kräften.

Das Erzeugte muß mit dem Erzeugenden wesentlich von derselben Natur sein; daher können

die durch ein bestimmtes Mittel hervorgebrachten Erscheinungen ihrer innersten Natur nach nicht verschieden sein, und

diejenigen Mittel, durch welche derselbe Zweck erreicht wird, müssen in ihrem Wesen etwas Gemeinsames haben.

Bewegung eines seine Natur nicht ändernden Körpers kann keinen Stoff, sondern an einem zweiten Körper nur einen Zustand erzeugen, welcher sich auf Bewegung oder Ruhe bezieht; denn

Stoff und Kraft können ebensowenig aus nichts erzeugt als vernichtet werden*).

Kraft, an sich etwas Abstraktes, tritt aber nicht für sich allein, sondern nur durch den Stoff in die erkennbare Erscheinung: ohne Stoff keine Kraft, und ohne Kraft keine Erscheinung, also auch ohne Stoff keine Erscheinung.

Die Erscheinung aber ist nicht der Stoff, sondern nur ein Zustand des Stoffes.

Es giebt keine Umwandlung der Naturkräfte als solcher, sondern nur eine Umwandlung der Zustände an den Körpern, also der Bewegungsarten.

Bei der Wechselwirkung der Naturkräfte zeigt sich überall das Gesetz der ungestörten Erhaltung der lebendigen Kraft; es

*) Die Wandlung der Stoffe gehört der Chemie, die der Zustände der Physik, und der Uebergang beider der Physiologie an. Nämlich die von den Pflanzen und Thieren aufgenommenen Nahrungsmittel erleiden eine Stoffumwandlung; jede Stoffumwandlung ist mit Molekularbewegungs-Erscheinungen verknüpft, die sich als Wärme, Elektrizität und selbst als Licht zeigen. Aber die Molekularbewegung in der Muskelsubstanz thierischer Körper ist das Fundament ihrer mechanischen Kraft. Unterstützen einander die elektrischen Muskel- und Nervenströme (d. h. haben sie überall dieselbe Richtung), oder ist der Körper im Besitze der Summe aller Ströme in ihrer natürlichen Richtung, dann ist der Körper gesund; sowie aber die Partikularströme sich sondern, unthätig sind oder vielleicht gar eine entgegengesetzte Richtung nehmen, ist er schwach und krank. Der Heilkunde steht nach dieser Richtung wahrscheinlich noch eine wichtige Zukunft bevor.

geht also von einer wirksamen Kraft nimmer etwas verloren, auf welche Weise sie auch übertragen werden mag*).

Jede Kraft bewirkt eine Arbeit, und jede Arbeit wirkt als neue Kraft. Erkennen wir die Arbeit in einer fortschreitenden Bewegung, so sind wir leicht durch den Erfolg befriedigt; zeigt sich diese aber nicht, so tritt eine Schwierigkeit für die Vorstellung der gethanen Arbeit auf. Wenn z. B. die bei der Reibung hervorgebrachte Kraft gleich der verbrauchten erkannt werden soll, und es tritt fortschreitende Bewegung in unzureichendem Maße oder gar nicht hervor; so kann die Gesammtwirkung in jenem Falle nur die Summe aus fortschreitender und Molekularbewegung sein, in diesem Falle nur letztere.

Sowie eine Kraft die natürliche Anordnung der aus Atomen bestehenden Gruppen der Molekel bei irgend einem Körper, mag er in seinem natürlichen Zustande erscheinen (Luft, Wasser, Krystalle, Holz), oder durch künstliche Mittel dargestellt worden sein (Glas, Papier, Siegellack, Stahl), vorübergehend ändert; so treten je nach den Umständen und der Natur der in Wechselwirkung stehenden Körper die Erscheinungen des Schalles, der Wärme, des Lichtes, der Elektrizität und des Magnetismus auf und sind unter allen Umständen wesentlich eine Folge des Bestrebens sämmtlicher Massentheilchen einer jeden konstituirten Masse, in der Gleichgewichtslage zu verharren, woraus sich nur einfache oder zusammengesetzte oszillatorische Erscheinungen ergeben können, welche wir, mit der Wärme beginnend, nun näher betrachten wollen.

Durch Druck oder Reibung kommen die Molekel der Körper aus ihrer natürlichen Gleichgewichtslage und vollführen, indem sie wieder in dieselbe zurückkehren wollen, so lange oszillatorische Bewegungen nicht um ihre Gleichgewichtspunkte, sondern mit diesen Punkten, bis das Gleichgewicht aller Molekel desselben Körpers und selbst der umgebenden Körper wieder hergestellt, oder bis Temperatur-Ausgleichung erfolgt ist. Man hat nicht nothwendig, seine Zuflucht zu besonderen Wärmesphären zu nehmen,

*) z. B. die Verbrennungs-Produkte wiegen genau so viel, als die zur Verbrennung verwendeten Stoffe.



welche die Atome der Molekel umkreisen oder in radialen Schwingungen befindlich sein sollen. Wenn der kosmische Aether Atmosphären der Art bildete, so entstände doch die Frage: warum zeigt er innerhalb der irdischen Körper die Erscheinungen der Wärme, da er sie außerhalb derselben nicht geltend macht, sondern absolut diatherman und kalt ist? Er würde in den Körpern seine Natur, die er thatsächlich außerhalb besitzt, aufgeben und Aether zu sein aufhören und somit verschwänden die Wärmeatmosphären. Dieser unlösbare Widerspruch erhält aber noch ein anderes Gewicht durch eine zweite Frage, nämlich: welche Kraft ertheilt denn diesen Atmosphären eine, wie man angenommen hat, kreisende Bewegung um die ruhenden Atome? Drückt man einen Körper nach einer gewissen Richtung, so ist kein Grund zu Wirbeln vorhanden, welche, indem sie einander treffen, die Atome von einander entfernen, also die Ausdehnung der Körper bewirken und so die thermometrische Wärme zeigen sollen. — Wenn auch diese Theorie einen hohen Grad von Ausbildung und durch mathematische Deduktionen ein gewisses Recht sich erworben hat, so darf doch nicht in Abrede gestellt werden, daß die dynamischen Prinzipien und die Resultate immerhin ihre volle Geltung behalten, wenn auch die Vorstellung von dem natürlichen Vorgange eine andere und zwar viel einfachere ist. Daß sich die Atome nicht um, sondern mit ihren Gleichgewichtspunkten fortschreitend bewegen müssen, ist schon aus dem bedeutenden mechanischen Aequivalente der Wärme klar. Außerdem ist es Thatsache, daß verdichtete Luft in einem bestimmten Raume durch eine bestimmte Wärmequelle mehr erwärmt wird, als verdünnte in diesem Raume, oder daß jene Luft weniger Wärme braucht, um auf dieselbe Temperatur gebracht zu werden, als diese. Auch daraus folgt, daß die Wärme irdischer Körper in Schwingungen der Molekel dieser irdischen Körper selbst und nicht der Atmosphären in ihnen oder um sie besteht, indem ja das Bewegungsmoment der dichteren Luft größer ist, als der dünneren bei derselben Temperatur.

Die Erscheinungen am Thermophon dienen zu einem direkten Beweise davon, daß die Wärme in Schwingungen der irdischen Körper besteht, wobei die Gleichgewichts-

punkte der Molekel selbst nach jenseits und diesseits der Gleichgewichtslage in allen beliebigen Ebenen schwingen.

Zwar ganz roh, aber um so bestimmter, tritt die Erscheinung auf, wenn man die durch einen hervorragenden Kranz begrenzte Grundfläche eines Tassenkopfes einer Porzellantasse über einer Spiritusflamme erhitzt hat und ihn dann auf die kalte Untertasse setzt. Sofort erscheinen schnell auf einanderfolgende Koinzidenzstöße, die bei zwei Metallen, von denen wenigstens das eine einen höheren Grad von Elastizität besitzen muß, in einen Ton übergehen, der sich aber nur in dem elastischen Metalle (nicht im Blei) zeigen kann, weil dieses allein fähig ist, stehende Schwingungen in sich aufzunehmen. Der ganze von den Wärmeschwingungen bis in sein Innerstes ergriffene Metallkörper (Wackler des Thermophons) erbebt und tönt durch und durch. Stöße entstehen bei geringeren Temperaturdifferenzen und Schwingungszahlen; Töne aber, wenn beide größer sind. Weil nun die Schallschwingungen aus vollständigen viertheiligen Oszillationen der Massentheile mit ihren Schwerpunkten bestehen, mögen sie nun transversale oder longitudinale sein; so müssen auch die tonerregenden und überhaupt alle Wärmebewegungen aus vollständigen Oszillationen bestehen, bei denen jedes Massentheilchen sich abwechselnd jenseits und diesseits der Gleichgewichtslage befindet*).

Sowie eine Saite nicht blos als Ganzes schwingt, sondern auch in ihren aliquoten gleichen Theilen, so ist es auch mit den Klangscheiben der Fall, wobei sich die bekannten Figuren bilden. Wird nun auf ein erwärmtes blankes Platinblech ein recht reiner Wassertropfen gethan, so tritt bei der allmählichen Abkühlung des Bleches, also bei Verminderung der Schwingungszahl der schwingenden Molekel, ein Zeitpunkt ein, in welchem sich der

*) In diesen Betrachtungen liegt die Möglichkeit zur Bestimmung der absoluten Schwingungszahl, welche die Temperatur eines bestimmten Körpers bedingt. Der Ton des Thermophon ist ein tartinischer aus Wärmeschwingungen (Wärmetönen); jede andere Erklärungsweise erscheint mir verfehlt.

Wassertropfen sternförmig gestaltet, oder eine Wärmefigur sich bildet als Zeichen einer vorhandenen Molekularbewegung des Bleches.

Die bekannte Erscheinung an roth glühenden Dampfkesseln, daß der Dampf ungeachtet seiner großen Expansivkraft durch feinere Oeffnungen derselben nicht entweichen kann, dürfte eine Bestätigung von den Oszillationen der Massentheilchen an den Rändern der Oeffnung sein, indem sie bei ihrer großen Schnelligkeit von und nach allen Seiten, auch nach der Oeffnung hin, dort gewissermaßen einen bleibenden Verschluß bilden, der das Entweichen des Dampfes verhindert.

Auch die Bildung und Bewegung des Leidenfrostschen Tropfens wird durch die bei der Schwingung der Massentheile des glühenden Metalles ausgeübte Stoßwirkung begünstigt. Ist diese Stoßwirkung bei verminderter Temperatur geringer, so kann die Adhäsion des Wassers an das Metall mehr hervortreten, welche der Kohäsion der Wassertheilchen entgegenwirkt und endlich das Zerfließen, Erwärmen und Verdampfen des Tropfens bewirkt.

Ein Tropfen einer Flüssigkeit auf einer Metallschiene zieht sich von einer erwärmten Stelle derselben zurück nach der weniger warmen, oder wird vielmehr durch die Schwingungen mit größerer Elongation an der wärmeren Stelle nach einer mit geringerer fortgestoßen.

Die Amplitude der Wärmeschwingungen ist bei einer bestimmten Temperatur von dem Stoffe abhängig und wächst mit wachsender Temperatur an einem bestimmten Stoffe, d. h. dehnt ihn mehr und mehr aus.

Aus dem Gesichtspunkte der Schwingungen der Molekel selbst lassen sich alle Wärme-Erscheinungen leicht erklären. Wir wollen dies bei den wesentlichsten thun.

Daß eine bestimmte Wärme im Stande ist, in verschiedenen Stoffen eine verschiedene Ausdehnung zu zeigen, liegt darin, daß eine bestimmte bewegende Kraft in verschiedenen Massen auch verschiedene Geschwindigkeiten erzeugen muß, wobei unter Festhaltung einer bestimmten Schwingungsdauer oder Schwingungszahl die Geschwindigkeit innerhalb einer jeden einzelnen Schwingung mit wachsender Elongation auch wachsen

muß. Wäre jene Wärme nicht im Stande, die Schwingungsweite der Molekel, also die Ausdehnung eines Körpers zu ändern, so betrifft ihr Einfluß die Schwingungszahl oder Temperatur. Die Temperatur eines Körpers ist also die seinen Molekeln bei ihren Schwingungen zukommende lebendige Kraft, deren Veränderung sich durch die Temperaturveränderung kenntlich macht.

Unter Festhaltung der Vorstellung von Schwingungen der Massentheile selbst lässt sich auch der schon erwähnte Unterschied zwischen Strahlung und Leitung leicht einsehen. Dort nämlich ist nur der kosmische Aether das Fortpflanzungsmittel, so daß die Verbreitung ohne Widerstand in unmeßbarer Zeit geschieht; hier aber sind es die massenreichen irdischen Körper, deren Dichte und Struktur die Fortpflanzung der Schwingungen, wie bei Licht- und Schallschwingungen, mehr und mehr hindert, je mehr sie genöthigt sind, aus einem Medium in ein anderes überzugehen, wie z. B. bei porösen Körpern oder in einer dunsterfüllten Atmosphäre, wo sie häufig zurückgeworfen werden, so daß es einer längeren Anregung durch dieselbe Wärmequelle bedarf, um einen Körper gleichmäßig zu durchwärmen.

Der Beharrungszustand eines Körpers ist es, nach welchem die einem Theile zugeführte Wärme erst allmählich mit wachsender Entfernung von der Wärmequelle in abnehmender Progression den ganzen Körper erfasst, wobei die Oszillationen eines Molekels in einem Momente durch die in dem folgenden von der Wärmequelle ausgehenden verstärkt werden. Hat aber der Körper das Maximum der Temperatur und Ausdehnung erreicht, so wird er wieder wegen des Beharrungsvermögens auch nur allmählich die Oszillationen auf die Umgebung übertragen, und zwar mehr oder weniger schnell, jenachdem letztere die Wärme gut oder schlecht leiten, d. h. je nach ihrer Beschaffenheit schnell oder langsam in schwingende Bewegung versetzt werden können. Haben Körper in einem begrenzten Raume verschiedene Temperaturen, so findet mit oder ohne unmittelbare Berührung ein Austausch der Schwingungen statt, bis alle gleichartigen gleichzeitige Schwingungen machen, oder eine Ausgleichung der Temperaturen eingetreten ist.

Da bei der geleiteten Wärme nicht, wie beim Lichte und beim Schalle, Wärme-Interferenz-Erscheinungen entstehen, so ist dies ebenfalls ein Zeichen, daß die Leitung der Wärme durch die Bewegung der Körpertheile selbst in der Art stattfindet, daß nicht Verdichtungs- und Verdünnungswellen entstehen, sondern daß nur nach der Wärmequelle hin die Geschwindigkeit und Amplitude der schwingenden Theile nach und nach bis zu einer gewissen Grenze wächst.

Jeder schlechte Wärmeleiter verzögert die Wärmeschwingung sehr und widerstrebt ihrer Fortpflanzung, und daher muß die mit der Wärmequelle in unmittelbarer Berührung stehende Stelle stärker erwärmt werden, als es bei einem guten Leiter der Fall wäre. Ein Stück Holz brennt an der Wärmequelle an; Metall wird weniger warm, denn es leitet die Wärmeschwingungen von der Wärmequelle schnell fort. Wenn aber Lichtwellen in irdischen Körpern verzögert werden, so gehen sie in Wärmewellen über, indem die dauernde Einwirkung auf einen bestimmten Körper die Schwingungen des kosmischen Aethers in Schwingungen des irdischen Stoffes verwandelt, wie es sich z. B. bei der Insolation zeigt.

So wie durch dieselbe Kraft verschiedene Körper nicht in gleicher Weise zu Schallschwingungen angeregt werden, so gelangen verschiedene Körper, wenn sie auch derselben Wärmequelle ausgesetzt sind, nicht zu gleicher Temperatur; denn sie bedürfen, um zu einer bestimmten Temperatur zu gelangen, verschiedener Wärme und sind auch selbst im Stande, bei bestimmter Temperatur verschiedene Körper auf verschiedene Temperatur zu bringen. Die Wärmekapazität der Körper ist verschieden, aber die Atome der verschiedenen einfachen Stoffe (Atome von gleicher stöchiometrischer Zusammensetzung) besitzen dieselbe Wärmekapazität, d. h. sie werden durch gleiche äußere Kräfte zu gleichen Schwingungen angeregt, so daß bei allen Körpern mit Rücksicht auf ihre besondere Natur zu gleichen Temperatur-Erhöhungen auch gleiche Wärmen erforderlich sind*). So wie zwei Saiten oder auch anders

*) Wenn z. B. die Wärmekapazität des Wassers 9 mal größer, als die des Eisens bei derselben Temperatur ist, so will dies sagen, daß Eisen durch

geformte Körper aus verschiedenen Stoffen bei ungleichem Gewichte oder ungleichen sie spannenden Kräften ungleiche Schwingungszahlen besitzen und zu gleicher Ton-Erhöhung einer ungleichen Vermehrung der Spannkräfte bedürfen, so ist es auch in Beziehung auf die Wärme, indem die Ton-Erhöhung der Temperatur-Erhöhung entspricht.

Weil bei der Ausdehnung eines Körpers von bestimmter Temperatur die Amplitude der Schwingungen, so wie die Dauer jeder einzelnen Schwingung wächst, so muß sich bei gleich bleibendem Kraftmomente die Schwingungszahl, d. h. die Temperatur vermindern; also mit Zunahme des Volumens eines Körpers von bestimmter Temperatur nimmt seine Kapazität auch zu.

Die Extreme der Dichtigkeit in der Körperwelt, die Metalle und die Luft-Arten, besitzen in ähnlicher Weise keine große Wärmekapazität, wie zu sehr oder zu wenig gespannte Saiten für Tonschwingungen ungeeignet sind. Wenn bei der Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff viele Wärme frei wird, so liegt dies darin, daß das gebildete Wasser ein verhältnißmäßig nur sehr geringes Volumen hat. Ist die Wärmekapazität eines Körpers groß, so ist er zwar träge gegen die Aufnahme der Wärmeschwingungen, oder er widerstrebt der Anregung und bedarf einer länger dauernden Einwirkung von Wärmeschwingungen einer gewissen Intensität, bevor er selbst in einen gewissen Schwingungszustand versetzt worden ist; aber ist er einmal angeregt, so widerstrebt er dem Aufhören, oder er ist länger befähigt, in diesem Zustande zu verharren, als ein anderer mit geringerer Kapazität und den er zu einer höheren Temperatur zu bringen im Stande ist, als seinem Temperaturverluste entspricht. Ein bestimmtes Wärmemoment kann bei dem einen Körper (mit geringerer spezifischer Wärme) eine vermehrte Schwingungszahl (höhere Temperatur), bei einem anderen eine vergrößerte Schwingungsweite (möglicher Weise einen anderen Aggregatzustand) hervorbringen.

---

dieselbe Wärme 9 mal mehr als Wasser erwärmt wird, oder daß das Eisen eine 9 mal größere Fähigkeit hat, zu Wärmeschwingungen angeregt zu werden, als Wasser.

Jeder Körper ist nach der Natur seines Stoffes und nach dem Aggregatzustande, in welchem dieser Stoff sich befindet, in einem gewissen thermischen Schwingungszustande, oder er hat einen gewissen Grad gebundener Wärme, d. h. von den verschiedenen Körpern hat jeder, wenn auch die Wärmeschwingungen in ihm ruhen (was absolut nicht der Fall ist), eine gewisse Fähigkeit durch eine gewisse Wärmequelle zu verschiedenen Schwingungen angeregt zu werden, gleichwie die Verschiedenheit der Töne von dem Spannungsverhältnisse der tönenden Körper, nicht aber von der den Ton erregenden Kraft abhängt.

Wird nun ein Körper, z. B. ein Gas in einem absperrenden Raume, plötzlich zusammengedrückt, so treten die schwingenden Molekel einander näher, und das Bewegungsmoment eines jeden einzelnen wird durch das der übrigen umsomehr unterstützt, je näher sie einander kommen. Da sich dasselbe wegen der Raumverminderung aber nicht in der Vergrößerung der Amplitude zeigen kann, indem diese sogar vermindert wird; so geschieht es durch Vermehrung der Schwingungszahl (wobei das Kraftmoment des Druckes noch als Summand eintritt), d. h. der Körper wird wärmer, oder es wird, wie man sagt, Wärme frei.

Das Gegentheil geschieht natürlich bei der Raum-Erweiterung: es wird, wie man sagt, Wärme gebunden, indem die Schwingungen bei zunehmender Weite langsamer werden. Bei der Raumverminderung wird die Spannung größer, bei der Erweiterung geringer; ähnlich wie bei hohen und tiefen Tönen. Dehnt sich ein Gas aus, ohne Widerstand zu finden, so wird Wärme weder frei, noch gebunden, weil bei zunehmender Elongation die Schwingungszahl in demselben Verhältnisse abnimmt.

Der Schwingungszustand eines bestimmten Stoffes kann nur unter Festhaltung eines bestimmten Aggregatzustandes ein veränderlicher, oder seine Temperatur kann verschieden sein. Es giebt aber für jeden Stoff, damit er einen bestimmten Aggregatzustand behalte, eine bestimmte Temperaturgrenze, über welche hinaus der Aggregatzustand sich ändert, so wie es eine bestimmte Grenze für die Elastizität und für die Kohäsion giebt. Diese Temperaturgrenze besteht darin, daß nach deren Errei-

chung die dem Stoffe kontinuirlich noch mitgetheilten Wärmeschwingungen an diesem Stoffe das Bewegungsmoment nur insofern vergrößern, als sie zwar nicht die Anzahl, wohl aber die Weite der Schwingungen der zu verwandelnden Molekel vergrößern, wodurch der feste Körper zum tropfbaren und dieser zum luftigen wird. Die während der Herstellung des Uebergangszustandes verbrauchte Wärme ist also nicht fähig, an dem neu gebildeten Zustande des Stoffes erkannt zu werden; sie ist, wie man sagt, gebunden.

Die Schwingungen der Molekel einer tropfbaren Flüssigkeit mit freier Oberfläche haben vom Gleichgewichtspunkte an nach dieser Oberfläche hin eine weiter gehende Bewegung, als nach dem Innern, weil dort der Widerstand geringer ist, als hier. Wird nun durch Zuführung von Wärme die Elongation der Schwingung vergrößert, so treten die Molekel der Oberfläche mit ihrer größeren Schwingungshälfte aus der Flüssigkeit und können darin nicht mehr zurückgehalten werden, d. h. die Flüssigkeit verdampft. Vermehrung der Temperatur der Flüssigkeit vermehrt auch die nach außen gerichtete Stoßkraft, also die Verdampfung. Ist der Raum über der Flüssigkeit abgesperrt, so treffen immer mehr und mehr Dampftheilchen bei der kleineren Rückschwingung die Oberfläche der verdampfenden Flüssigkeit und kehren in sie zurück, die äußere Elongation wird wegen des Widerstandes der Gefäßwände immer kleiner und kleiner, bis eine Ausgleichung eingetreten und der betreffende Raum mit Dämpfen gesättigt ist. Wird nun der Druck auf die Oberfläche einer siedenden Flüssigkeit irgendwie vermehrt (auch durch die Dämpfe selbst), so nehmen die Oszillationen der Dampfpartikelchen, weil die Vergrößerung der Amplitude gehindert wird, eine größere Schwingungszahl, also die Flüssigkeit selbst eine höhere Temperatur an.

Diese Umwandlung ist ebenso natürlich, wie wenn die Spannung einer durch ein bestimmtes Kraftmoment zum Tönen angeregten Saite während des Tönens mehr und mehr vermehrt und dadurch die Anzahl der Schwingungen vergrößert, ihre Weite verkleinert wird.

Da die Elongationen der Schwingungen von Molekeln verschiedener Stoffe bei derselben Temperatur ungleich sind, so kann man durch Vermehrung von Wärme eine Scheidung der verschiedenen Elementar-Atome bewirken, indem die Molekel mit größerer Elongation von denen mit geringerer endlich sich losreißen, wie es im Destillations- und Sublimationsprozesse geschieht.

Geht aber ein Stoff in einen dichteren Zustand über, sei es, daß er gepresst wird, sei es, daß der Stoff seinen Aggregatzustand ändert, oder daß er sich mit einem dichteren zu einem neuen Körper chemisch verbindet*): so wird Wärme frei, d. h. die größere Schwingungsweite verwandelt sich wegen der vermehrten Spannung ohne Aenderung des Kraftmomentes in eine größere Schwingungszahl.

Ja selbst, wenn ein Körper seine Gestalt ändert, so ist dies mit Wärme-Entwickelung als ein Zeichen von Molekularbewegung verbunden, wie z. B. wenn der prismatische Schwefel in oktaedrischen übergeht, oder Kandiszucker auf 38° erwärmt und schnell in krystallinische Fäden gezogen wird, wobei er sich bis auf 80° erwärmt.

Wird Schnee, Salpeter, Glaubersalz oder Salmiak zu Wasser gethan, so sinkt die Temperatur des letzteren, weil die Schwingungszahl des Wassers vermindert wird, um die Schwingungsweite jener zu vermehren.

Weil das Wasser zu seinem Bestehen viele Wärme braucht, so wird einerseits bei Ausscheidung von Wasser aus einer chemischen Verbindung Wärme gebunden, und bei Absorption des Wassers durch einen Körper Wärme frei. Ist aber die Verbindung des Wassers mit dem festen Körper keine chemische, so wird dem Wasser Wärme entzogen, weil der feste Körper bei seiner Lösung einen größeren Raum einnimmt.

Wird bei einer chemischen Verbindung Wärme frei, so enthält der neue Körper weniger gebunden, als die Bestandtheile

*) z. B. eine Luft-Art oder ein tropfbarer Körper mit einem flüssigen oder festen: Sauerstoff mit frischer Kohle, Wasser und Wasserdampf mit Schwefelsäure, Wasser mit frisch gebranntem Kalke.

vor der Verbindung enthielten; wird aber Wärme gebunden, so ist das Gegentheil der Fall; braucht der Körper zu seinem Bestehen die Summe der Wärme seiner Bestandtheile, so wird die Wärme weder frei, noch gebunden.

Die bei der Verbindung chemischer Grundstoffe frei werdende Wärme ist ein deutliches Zeichen, daß die chemische Verbindung mit einer Molekularbewegung geschieht, wobei der Wärmegrad ein Maß der chemischen Verwandtschaft ist, bei welcher die Atome mehr oder weniger gleichzeitig von der Bewegung ergriffen werden. Die bei der Entstehung einer Verbindung frei werdende Wärme ist gleich der, welche bei der Aufhebung gebunden wird. — Bei der Krystallisation wird ebenfalls die Atombewegung angeregt und Wärme frei, wie sich in auffallendster Weise bei plötzlicher Krystallbildung zeigt.

Die chemischen Verbindungen und Ausscheidungen weisen auf die Wärme als einen Bewegungszustand noch in anderer Beziehung hin. Denn ehe Körper eine chemische Verbindung eingehen, müssen die Atome eines jeden einzelnen Bestandtheiles durch die Wärmeschwingungen bis zu einer gewissen Entfernung gelockert sein; jeder Stoff wird sich (wohl in Rücksicht der Gestalt seiner Molekel) für die Aufnahme eines anderen bei einer gewissen Temperatur aufschließen und daher auch bei einer geringeren den anderen wieder ausschließen. Es treten hier Kohäsion und chemische Verwandtschaft, die elektrischer Natur ist, in Wechselwirkung: jenachdem diese oder jene größer ist, entsteht eine Trennung oder Vereinigung. So wie die chemischen Verbindungen nach unabänderlichen Zahlengesetzen stattfinden, so muß auch die Temperatur der Verbindung zu der der Bestandtheile in einer ganz bestimmten Größenbeziehung stehen. Gleichwie in der Akustik Differenz- und Summationstöne (tiefere und höhere Kombinationstöne) entstehen, so zeigt sich hier eine niedrigere und höhere Temperatur in der Mischung.

Weil ein bestimmter Körper mit bestimmter Geschwindigkeit ein bestimmtes Bewegungsmoment hat, so muß auch ein gewisser Körper (z. B. Dämpfe im Sättigungsgrade bei bestimmter Temperatur) durch bestimmte Wärme auf bestimmte Weise ausgedehnt werden und einen bestimmten Druck ausüben. Der

Druck z. B. eines Gases nach außen ist das Produkt aus der Menge der Molekel und der Geschwindigkeit und Menge ihrer Schwingungen. Zur Festsetzung eines bestimmten Maßes gehört noch eine Flächen-Einheit und eine Volumen-Einheit.

Wenn die Atomgewichte zweier Körper das Verhältniß 1:n besitzen und auf diese Atome gleiche Wärmen wirken, so wird, ungeachtet ihre Oszillationsgeschwindigkeiten sich wie n:1 verhalten, doch der nach außen gerichtete Erfolg, d. i. die freie Wärme beider, derselbe sein, da ja die Bewegungsgrößen dieselben sind. Daher bedarf je ein Atom verschiedener Stoffe derselben Wärme, um gleiche Temperatur-Erhöhungen zu zeigen, und je mehr Atome auf eine Gewichts-Einheit eines Körpers gehen, desto größerer Wärme bedarf es, um die Temperatur dieser Gewichts-Einheit um etwas Gewisses zu erhöhen. Die Menge der Atome der Gewichts-Einheit steht im geraden und ihr Gewicht im umgekehrten Verhältnisse mit der spezifischen Wärme.

Werden Grundstoffe im Verhältnisse ihrer Aequivalenzzahlen zu einander gethan, so hat das Gemisch nach Ausgleichung der Temperatur das arithmetische Mittel zwischen den ursprünglichen Temperaturen.

Dämpfe haben also eine bestimmte Expansivkraft, die von dem Sättigungsgrade und der Temperatur abhängt. Der sich ausdehnende Körper übt, wenn ihm ein Widerstand geleistet wird, einen Druck aus, welchen man als die von der Wärme vollbrachte Arbeit ansieht, aus der man dann auf die verbrauchte Wärme zurück schließen kann. Ist die Arbeit vollbracht, so hört die Wärme auf, als solche zu existiren, und erscheint z. B. als Bewegung einer Maschine; es ist dann die Summe der oszillatorischen Molekularbewegung übertragen auf eine Masse zu rotirender und fortschreitender Bewegung (wie etwa durch eine andere Molekularbewegung, z. B. bei einem angefeuchteten Stricke, ein Körper gehoben werden kann).

Wird Dampf durch eine Kraft, die größer ist, als seine Expansivkraft, zusammengedrückt, so wird der Theil seiner Kraft aufgehoben, welcher dem Ueberschusse der drückenden Kraft gleich

ist, und dieser Kraft=Antheil ist in der entstandenen Flüssigkeit enthalten *).

Gleichwie im Allgemeinen die Bewegungsgrößen zweier Körper sich verhalten, wie die Produkte aus ihren Massen und Geschwindigkeiten, so stehen auch die Expansivkräfte zweier Luft=Arten in gleichem Verhältnisse mit den Produkten aus ihren Dichten (Massen) und Temperaturen (Geschwindigkeiten).

Ohne weitere Ausführungen ist nun zu erkennen, daß wir für die Wärme als eine Bewegungs=Erscheinung eine rein dynamische Grundlage gewonnen haben.

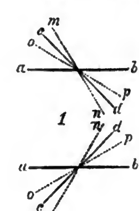
Wir gehen nun, auf diese Grundlagen gestützt, zur Erforschung des **Wesens der Elektrizität** und des **Magnetismus** über und können erst durch die späteren Untersuchungen noch einige die Wärme betreffende wesentliche Momente genauer kennen lernen.

Wird die Löthstelle zweier übrigens noch unverbundener heterogener Metalle (Thermokette) erwärmt, so pflanzt jedes nach seiner Natur die Wärmeschwingungen von da langsamer oder schneller in sich bis ans Ende fort, wobei weder die Amplitude, noch die Schwingungszahl dieselbe sein wird, bis das thermische Gleichgewicht hergestellt ist, d. h. bis die Bewegungsgrößen der Atom=Einheiten beider Metalle dieselben sind. Werden aber die anderen beiden Enden der Metalle durch einen guten Wärmeleiter verbunden (die Kette geschlossen), so entstehen nicht nur in diesem Schließungsbogen, sondern auch in den beiden Metallen selbst durch den Konflikt der jetzt einander **entgegenkommenden** Schwingungen der beiden Metalle mit einander und mit der in dem Beharrungsvermögen der Molekel des Leiters liegenden dritten Kraft **zusammengesetzte Schwingungen jenseits und diesseits der Gleichgewichtslage der Molekel**, die man einen (thermo=) **elektrischen Strom** nennt.

*) Verminderung der Spannkraft an irgend einer Stelle eines abgesperrten Raumes wirkt sofort über den ganzen Raum, gleichwie die partielle Verletzung einer gespannten Saite sofort den Ton hemmt.

Sind die Metalle an den beiden Enden zu einer geschlossenen Kette gelöthet, und haben entweder die Löthstellen, so wie die Metalle selbst, dieselbe Temperatur, oder die beiden Löthstellen eine andere, als die beiden Metalle, dabei aber eine gleiche: so heben die von jedem Metalle über die beiden Löthstellen nach dem anderen Metalle einander entgegen gehenden Schwingungen einander auf. Ist aber eine Differenz der Temperatur in den Löthstellen bei ursprünglich gleicher Temperatur beider Metalle vorhanden, wobei es gleichgiltig ist, ob die eine unmittelbar oder durch Bestrahlung erwärmt, oder ob die andere abgekühlt worden; so müssen die von den verschieden warmen Enden eines jeden einzelnen Metalles durch die Löthstellen nach dem anderen Metalle übergehenden Wärmeschwingungen, weil ihnen andere und zwar verschiedene entgegenkommen, auch einen oszillatorischen Bewegungszustand der Molekel außerhalb der Gleichgewichtslage um ihre Gleichgewichtspunkte hervorbringen, wobei jedes Metall gewissermaßen den Schließungsbogen für den elektrischen Strom bildet.

Bedeutet ab die Gleichgewichtslage der Molekel, cd die Hauptschwingung jenseits oder diesseits dieser Lage (positiver oder negativer Strom): so findet eine Nebenschwingung um cd statt zwischen mn und op, wobei die Erlangung der von ab entfernteren Lage mn die Ladung und die der näheren op die angestrebte Entladung bedeutet, indem ab die vollständige Entladung oder die ursprüngliche Gleichgewichtslage ist*).



Je größer bei gewissen Metallen die Differenz der Temperatur an den Löthstellen ist ohne Rücksicht auf die absolute Temperatur der einen oder der anderen, desto mehr müssen die Schwingungen in dem einen Metalle durch die von dem anderen herkommenden über die Gleichgewichtslage hinausgeführt wer-

*) Es ist auf den ersten Blick klar, daß von einem eigentlichen Strome, von einer strömenden oder fortschreitenden Bewegung hier gar nicht die Rede ist. Der gangbare Ausdruck mag aber vorläufig beibehalten werden.

den, wobei drei Umstände zu berücksichtigen sind: die Elongation der Hauptschwingung (von ab nach cd), die Amplitude der Nebenschwingung (von op nach mn), welche um jene cd stattfindet, und die Schwingungsdauer (Schwingungszahl) der letzteren. Die Hauptschwingung wächst mit der Wärmedifferenz der Löthstellen bei zwei bestimmten Metallen, und die letzteren sind von der Natur und der Leitungsfähigkeit der beiden Metalle abhängig.

Wird umgekehrt ein anderweit hervorgebrachter elektrischer Strom durch eine geschlossene Thermokette geleitet, so müssen die Löthstellen eine Temperaturdifferenz zeigen, weil nach der Natur der beiden Metalle das eine die Schwingungen verzögert, das andere sie beschleunigt, und die Löthstellen für beide einen Uebergangswiderstand bilden: also an der einen müssen langsamere Schwingungen, als an der anderen, d. h. es muß eine Temperaturdifferenz an den Löthstellen entstehen (Elektrothermismus) *).

Daß zwischen zwei homogenen Metallen ein heterogenes sich unwirksam zeigen muß, ist klar, weil in ihm eine vollständige Aufhebung der einander entgegenkommenden Schwingungen derselben Art und Intensität stattfindet.

Bietet ein Körper seiner ganzen Ausdehnung nach nicht die geringste Verschiedenheit dar, so fehlen die Bedingungen zu einem elektrischen Strome; es können nur Wärmeschwingungen mit gleichmäßiger Intensität nach allen Seiten hin stattfinden. Geschieht aber, wie bei einem Alumniumstabe, dessen Enden ungleich erwärmt werden, die Wärme-Ausgleichung nach entgegengesetzter Richtung ungleichmäßig: so zeigt sich der Kampf der beiden Schwingungen auch als elektrischer Strom.

Zieht man aus Metall, besonders Wismuth und Antimon, Drähte mit dicken und dünnen oder harten und weichen Stellen: so bilden sich durch Erwärmung oder Abkühlung an einer

*) Ein Mittel, die Leitungsfähigkeit für Wärme zu untersuchen, bestände darin, daß man sie paarweise als gleich lange und gleich starke Drähte zusammenlöthete, in einen Schließungskreis einer elektrischen Kette einschaltete und die Temperatur der Löthstellen untersuchte, indem bei deren Erwärmung der positive Strom stets vom schlechter zum besser leitenden Metalle übergeht, bei deren Abkühlung umgekehrt.

bestimmten Stelle ebenfalls die zusammengesetzten elektrischen Schwingungen, weil die Wärmeschwingungen an den harten und dicken Stellen verzögert, an den weichen und dünnen beschleunigt werden.

Wenn zwei gleichartige Körper die geringste Verschiedenheit in der Härte, Farbe, Politur oder Temperatur, oder bei derselben Temperatur eine verschiedene Wärmekapazität, verschiedene Oberfläche (Strahlungsvermögen) darbieten, so sind sie in einem verschiedenen Schwingungszustande, wie zwei ungleichartige Körper. Bringt man sie auch nur an einem Punkte mit einander in Berührung, so gleichen diese Zustände sich allmählich mit einander aus, ohne daß nach außen eine neue Erscheinung hervortritt; werden sie aber durch einen Schließungsbogen, namentlich einen metallischen, der jeden derselben berührt, in Verbindung gesetzt, so gehen diese verschiedenartigen Schwingungen in diesem Bogen auch einander entgegen, und wir haben ebenfalls einen elektrischen Strom (Kontakt-Elektrizität).

Davon, daß jeder elektrische Strom wirklich in einer lebendigen Oszillation der Molekel um ihre Gleichgewichtspunkte jenseits oder diesseits besteht, giebt die Erscheinung der Elektrizität an den Knotenlinien der Klangfiguren einen klaren Beweis, indem zwei durch eine Knotenlinie geschiedene Theile entgegengesetzte Schwingungsphasen besitzen, die für die Molekel in der Knotenlinie durch Rückwirkung der Kohäsion und Elastizität des Stoffes nicht blos einfache Oszillationen (Hauptschwingungen) bleiben können, sondern außerdem in (Neben-) Schwingungen außerhalb der Gleichgewichtslage bestehen müssen.

Die Thatsache, daß man, wenn auch nicht mit durchgreifendem praktischen Erfolge in demselben Drahte gleichzeitig nach entgegengesetzten Richtungen telegraphiren kann, ist auch ein schlagender Beweis von der Richtigkeit der Vibrationstheorie der Elektrizität. Schall-, so wie Lichtwellen, auch Wellen von tropfbaren Flüssigkeiten können sich, ohne daß das eine System die Wahrnehmung des anderen in demselben Radius aufhebt, ebenfalls gegen einander bewegen.

Endlich wird noch als eine Bestätigung der obigen Ansicht anzusehen sein, daß, wenn man Säulen aus schief gegen die

Axe gelagerten unkrystallinischen Plättchen desselben Metalles (Silber, Kupfer, Zink, Messing, Neusilber) zusammensetzt und entweder nur die obere oder nur die untere Kante erwärmt, die Säule für diese beiden Fälle entgegengesetzte elektrische Ströme zeigt, indem die Massentheilchen auf entgegengesetzten Seiten der natürlichen Axenlage schwingen.

Aus dem Gesagten ergiebt sich, daß jeder kontakt- oder thermo-elektrische Strom eine Koinzidenz-Erscheinung von reinen Thermoschwingungen aus zwei verschiedenen Wärmequellen ist*), wobei die Molekel um ihre Gleichgewichtspunkte jenseits oder diesseits der Gleichgewichtslage in oszillatorischer Bewegung begriffen sind.

Bei der Untersuchung der Wirkungen eines solchen elektrischen Stromes kommt es

auf die Elongation der Hauptschwingung an oder wie weit jedes Molekel über den Gleichgewichtspunkt hinaus sich dreht;

auf die Amplitude der Nebenschwingungen um diese neue Lage und auf die Schwingungszahl an.

Jene bedingt die sogenannten Intensitäts-, diese die Quantitäts-Erscheinungen; jene wächst mit der Anzahl, diese mit der Ausdehnung der Kettenglieder; dort (Säule) vermehren die folgenden Kettenglieder durch ihre Spannung die durch die früheren erzeugten Elongationen, hier (einfache Kette) wird bei einer bestimmten Spannung durch die mit der Erweiterung der Kettenglieder verbundene schnellere Ladung und Entladung die Menge der Schwingungen vermehrt; in der Säule treten demnach die physiologischen**), in der Kette die chemischen, thermischen und optischen Erscheinungen kräftiger

*) Aehnlich, wie der Ton in einer Telegraphenstange entsteht, mit der wenigstens zwei Drähte verbunden sind.

**) Wird ein elektrischer Entladungsschlag durch unseren Körper geleitet, oder der elektrische Strom unterbrochen, oder umgekehrt; so haben wir von der gewaltsamen Verrückung und der momentan unnatürlichen Lage unserer Körpertheile eine sehr unangenehme Empfindung, besonders an den Stellen, an welchen die Glieder zusammengefügt sind, wo also der Uebergang der oszillatorischen Bewegung erschwert ist und zugleich in dem weniger dichten

hervor, da letztere einer größeren Schwingungszahl bedürfen. In der **Säule** ist der Leitungswiderstand gegen die Fortpflanzung der Schwingungen größer, als in der Kette, deshalb wächst auch die Elongation mit wachsender Gliederzahl, indem derselbe Widerstand die einmal hervorgebrachte verhindert, rückgängig zu werden. In der **Kette** können wegen des geringeren Widerstandes (Beharrungszustandes) die Schwingungen rascher auf einander folgen, erlangen aber eine geringere Weite oder Spannung, weil ihnen die rückgängige Bewegung in gleicher Weise erleichtert ist.

Eine gewisse elektromotorische Kraft, mag sie nun als Ganzes (Quantitäts-Erscheinung), oder als Summe einzelner Theile auftreten (Intensitäts-Erscheinung), kann auch nur eine gewisse Wirkung erzeugen, oder der mechanische Erfolg muß seiner Gesammtgröße nach ein bestimmter sein. Die Verminderung der Schwingungsweite steht dann im umgekehrten Verhältnisse mit der Schwingungszahl. Wenn also z. B. bei einer bestimmten Kette nicht ein dicker, sondern nur ein dünner eingeschalteter Leitungsdraht glühend wird, so ist dies natürlich, weil eine bestimmte Bewegungsgröße in einer kleineren Masse eine größere Geschwindigkeit erzeugen muß, als in der größeren.

Der elektrische Strom enthält, wie wir kennen gelernt haben, in sich die Bedingungen zu **Wärmeschwingungen**, denn die außerhalb des Gleichgewichtspunktes der Molekel liegenden Atome schwingen jedes für sich jenseits und diesseits; ja es lässt sich denken, daß bei einer bedeutenden elektromotorischen Kraft die Gleichgewichtspunkte der Molekel selbst auch in Schwingungen gerathen, wodurch die Temperatur erhöht und sogar eine Zerstörung des Leitungsdrahtes hervorgebracht wird, wenn die Elongationen über die Grenze der Kohäsion gehen: der Leitungsdraht wird warm, er beginnt zu rauchen, indem

Zwischenmittel größere Schwingungsweiten eintreten müssen. Die letztere aus dem Gesetze von der Bewegungsgröße entspringende Behauptung ist übrigens dadurch bestätigt, daß die Luft in einem Manometer, durch welche der Entladungsschlag geht, namhaft ausgedehnt wird, was sich an der plötzlichen Hebung der Sperrflüssigkeit zeigt.

sich unendlich kleine Theilchen ablösen, er glüht und schmilzt in Hohlkügelchen auseinander. Beim Leuchten ist der Aether zu Lichtschwingungen erregt.

Aus dieser Ansicht von dem Wesen der Elektrizität gehen mit Entschiedenheit für die Praxis zwei Resultate hervor:

1) daß die in der Elektrizität liegende Kraft nie im Stande ist, die in der Wärme liegende zu erreichen oder zu übertreffen, weil hier das Bewegungsmoment größer ist, als dort, indem hier die Molekel mit ihren Schwerpunkten, dort nur um die Schwerpunkte schwingen;
2) daß ein submarines Telegraphentau bei einer gewissen und bedeutenden Tiefe — vielleicht bei 200 Atmosphären Druck*) — seine Dienste versagen muß, wenn es nicht gegen den bedeutenden Wasserdruck geschützt wird, um beim Telegraphiren seine Molekularschwingungen ungehindert machen zu können. Der Wasserdruck wirkt allmählich komprimirend auf den Draht und hemmt so die Schwingungen.

Es liegt endlich in den Schwingungen des elektrischen Stromes noch ein anderes sehr wichtiges Moment. Die Atomgruppen der Molekel schwingen nämlich nicht blos um ihre Gleichgewichtspunkte, sondern theils jenseits, theils diesseits derselben und befinden sich, wie lange der elektrische Strom durch den Leitungsdraht geht, so lange theils nur jenseits, theils nur diesseits jener Lage. Diese vorübergehend fixirte Schwingung ist der Thermo- oder Elektromagnetismus, und wenn die Fixirung dieser Viertelsoszillation auf die Dauer geschieht und nach der Natur der Körper, wie der des Stahles, ohne neue Erregungen in ihnen festgehalten wird, der gewöhnliche Magnetismus, der sich aber seinem Wesen nach von jenem nicht unterscheidet. Die Größe

*) Durch eine geeignete hydraulische Presse muß sich dies experimentell bestätigen lassen; ich habe leider keine zur Disposition. — Wird die Leitungsfähigkeit mit Zunahme des Druckes weniger vermindert, als sie durch Abnahme der Temperatur vermehrt wird; so kann ein Kabel (z. B. im rothen Meere) mit wachsender Tiefe bis zu einer gewissen Grenze besser leiten.

der Elongation über die Gleichgewichtslage hinaus bedingt seine Stärke*).

Ein Beweis von der Richtigkeit dieser Ansicht über das Wesen des Magnetismus liegt zunächst darin, daß ein indifferenter Eisenstab, wenn er beim Magnetisiren durch einen elektrischen Strom um seine Axe gedreht wird, einen intensiven Magnetismus annimmt, wofern die Drehung nur im rechten Sinne geschieht. Umgekehrt detorsiren sich gedrehte Eisenstäbe um einen bestimmten Drehungswinkel, wenn sie magnetisirt werden. Ist einmal die Detorsion des Drahtes zu einem bestimmten Maximum gelangt, so bewirkt ein entgegengesetzter Strom eine Zurückdrehung, ein dem früheren gleich gerichteter eine Aufdrehung.

Der Leitungsdraht zeigt den polarischen Gegensatz nicht in seinen Hälften, sondern jedes Molekel hat beide Polaritäten gleichmäßig, so daß alle Theilchen ringsum die gleichnamige Polarität nach derselben Richtung haben.

Eine andere Bestätigung des Gesagten ist es, daß ein Stahlstab sogar tönt, wenn er diskontinuirlich magnetisirt wird, oder ein Eisenstab, wenn man durch ihn einen diskontinuirlichen Strom leitet, weil die Schwingungen benachbarter Stellen mit dem Polwechsel bei der Elektrisirung einander entgegengesetzt gerichtet werden sollen und also, indem sie abwechselnd jenseits und diesseits der Gleichgewichtslage zu schwingen gezwungen werden, vollständig viertheilige Schallschwingungen vollbringen. Der Kampf der beiden Kräfte, welche die Grenztheilchen nach entgegengesetzten Richtungen hinziehen, bewirkt dort den Schall so lange, bis die Theilchen endlich in die fixirte Lage getreten sind**).

---

*) Der Magnetismus wird im Stahle schnell, kräftig und bleibend erzeugt, weil die durch den elektrischen Strom erzeugten Oszillationen der Massentheile jenseits und diesseits der Gleichgewichtslage die einseitige Fixirung in einer solchen Lage erleichtern; die Theilchen werden so zu sagen hineingerüttelt.

**) Geht ein wechselnder elektrischer Strom durch einen diskontinuirlichen magnetischen Stab, so wird er wohl auch tönen müssen; ich habe es aber bis jetzt experimentell noch nicht untersuchen können. — Die Tonschwin-

Der Umstand, daß nicht die Länge eines Drahtes von bestimmter Dicke, sondern die Intensität des Stromes den Ton bestimmt, ist ein direkter Beweis dafür, daß zu jedem Strome auch eine gewisse Schwingungszahl der Nebenschwingung gehört.

Nur Stahl mit seinem krystallinischen Gefüge und zackigen Bruche vermag den Magnetismus auf die Dauer zu fixiren*); Eisen nimmt den Magnetismus nur vorübergehend, aber sofort an, weil der elektrische Strom den Magnetismus unmittelbar in sich schließt wegen der einseitigen Schwingungslage. Daß der im weichen Eisen durch den elektrischen Strom hervorgerufene Magnetismus nach dem Aufhören des Stromes nicht auch sofort gänzlich aufhört, besonders wenn man einen Anker angelegt hat, ist natürlich, denn das Aufhören der Schwingungen außerhalb der Gleichgewichtslage der Molekel stellt nicht aus der Spannungslage die Gleichgewichtslage selbst wieder her, sondern diese wird erst allmählich durch eine stetig rückwirkende Bewegung erzeugt, aber um so eher, je weicher das Eisen ist.

Daß die Kohäsionsverhältnisse und die Anordnung der Atome zu Gruppen im Eisen und vorzüglich im Stahle mit seinem zackigkrystallinischen Bruche eine andere ist, als fast in allen übrigen Metallen, zeigen die einfachsten Wahrnehmungen, z. B. die Stöße bei der Ausdehnung und Zusammenziehung an den Ofenthüren während ihrer Erwärmung und Abkühlung, welche bei Messing und anderen Metallen nicht erscheinen. Es ist, als wenn Zacken und Haken wie durch ein Echappement in einander griffen.

Man kann sich also vorstellen, daß die um eine Viertelsoszillation aus der Gleichgewichtslage gebrachten Molekel in dieser neuen Lage beim Stahle gewissermaßen arretirt worden,

---

gungen kann man an einem solchen Stabe durch Berührung mit der Hand eben so gut hemmen, wie an einer tönenden Stimmgabel.

*) Ebenso wie Antimon und Wismuth zu thermo-elektrischen Erscheinungen geeignet sind, wobei eine unkrystallinische Bleilegirung störend wirkt. — Ein Turmalin wird durch Wärme gewissermaßen zu einem elektrischen Magneten.

beim Eisen nur während der Dauer der fremden Einwirkung, indem bei ihm die Theilchen mehr in einander verschwimmen. Es ist sehr fraglich, ob es je gelingen wird, sichere Aufschlüsse über die Gestalt der Molekel, selbst nur der einfachen Stoffe, zu erlangen.

Da der elektrische Strom den Stahlmagneten und dieser jenen affizirt, so ist dies ein deutlicher Beweis davon, daß die während des Stromes einseitig bleibende Hauptschwingung den Magnetismus darstellt.

Die Thatsache, daß ein elektrischer Strom, welcher längere Zeit durch einen Draht aus weichem Eisen gegangen ist, denselben härtet, stimmt gut mit der auf Molekularbewegung gestützten Ansicht von der Erscheinung.

Durch das Magnetisiren eines Stabes aus weichem Eisen bekommt der in seiner Masse befindliche Aether auch eine einseitig veränderte Dichtigkeit, indem der Stab in der Richtung der magnetischen Axe die Wärme am schlechtesten, in der darauf winkelrechten am besten leitet. Das elektrische Leitungsvermögen wird nicht merklich geändert.

Es läßt sich nun auch leicht erklären, daß die durch die Erwärmung eines Stahlmagneten hervorgebrachte Ausdehnung die Fixirung der magnetischen Schwingung lockert und eine Rückkehr aus der erzwungenen zu der natürlichen Gleichgewichtslage gestattet; also daß Wärme den Magnetismus schwächt, daß Weißglühen ihn sogar zerstört. Es ist aber auch ermittelt, daß die Abkühlung eines Magneten von der Temperatur an, bei welcher er Magnet wurde, den Magnetismus schwächt, weil bei der Abkühlung die Massentheilchen überhaupt einander näher kommen und somit die Weite der Elongation, worauf die Intensität des Magnetismus beruht, mit der Zusammenziehung abnimmt. Es ist also nichts Befremdendes, daß die Annahme des Magnetismus durch Erniedrigung der Temperatur begünstigt wird. Nur durch neues Härten wird dem geglühten Stahle wieder die frühere Koerzitivkraft ertheilt; wird dann der erwärmte Stahl so lange magnetisirt, bis er wieder erkaltet ist, so hält er den Magnetismus nicht nur sehr fest, sondern ist auch sehr intensiv magnetisch, weil den Massentheil-

chen bei der Erwärmung leichter gestattet ist, die zum Magnetismus nöthige Viertelsoszillation zu machen und darin sich festzusetzen, bis die Abkühlung die Rückkehr verhindert. Drehung, Aufdrehung, Erwärmung, Abkühlung während der Magnetisirung eines Stahlstabes durch einen Strom oder bei der Durchleitung eines einen Magneten ganz oder theilweise entmagnetisirenden Stromes bringen einen Komplex von Erscheinungen hervor, welche sich alle aus der gegebenen Anschauung erklären lassen*). Ueberall ist eine Veränderung des Molekularzustandes auch mit einer Veränderung der Intensität des Magnetismus verbunden.

Es ist natürlich, daß heftige Erschütterungen den Magnetismus eines Stabes auch schwächen müssen, weil dadurch die Massentheilchen aus ihrer fixirten Lage gebracht und theilweise in ihre natürliche zurückgeführt werden, was sie auch nach und nach von selbst thun, wenn man nicht dafür sorgt, daß durch eine äußere Kraft (Beschäftigung durch einen anderen Magneten, einen Anker) die Theilchen fortwährend in der magnetischen Schwingung erhalten werden.

Erschütterungen sind aber unter Umständen auch geeignet, Magnetismus zu erzeugen. Hält man einen längeren Stab von nicht allzuweichem Eisen in die Richtung der Inklinationsnadel oder mit dem einen Ende in die Nähe eines starken Magnetpoles und giebt ihm dann einige Hammerschläge, so behält er den durch die Erde oder den Magneten induzirten Magnetismus, indem sich die Massentheilchen in der neuen Lage gleichsam festsetzen und dies durch das Faktum des Magnetismus anzeigen. Dasselbe ist auch der Fall, wenn man den Stab in dieser Richtung glühend macht und dann in kaltem Wasser ablöscht. Zieht man ein glühendes Stahlstück an einem kräftigen Magneten aus dem Feuer, so ist es, nachdem es sich an dem Magneten abgekühlt hat, natürlich auch ein starker Magnet.

Daß endlich der Magnetismus im Stahle geschwächt, im weichen Eisen sogar vernichtet wird, wenn man den Anker abreißt, liegt darin, daß dadurch die magnetische Oszillation

*) Dazu die Experimente des Prof. G. Wiedemann in Basel.

einen Rückschlag auf die entgegengesetzte Seite erhält, was eine theilweise oder ganze Entladung ist.

Fassen wir die gegebenen Anschauungen zusammen, so lässt sich die Behauptung aufstellen:

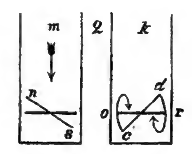
Der elektrische Strom ist in Bewegung begriffener Magnetismus, und Magnetismus ist zur Ruhe gebrachte Elektrizität.

Dieser einfache Satz lässt sich leicht noch bestätigen. Hält man eine Stange aus recht weichem Eisen (etwa 5 bis 6 Fuß lang) in der Richtung der magnetischen Inklination, so induzirt der Erdmagnetismus in ihr sofort die zur Ruhe gebrachte magnetische Viertelsoszillation (Magnetomagnetische Induktion) oder die Stange ist magnetisch. Bei rascher Umdrehung der Stange in dieselbe Inklinationsrichtung will diese einseitige, zur Ruhe gebrachte Oszillation der Molekel in die Gleichgewichtslage zurückschlagen, welche vollständig sofort zu erreichen ihr wegen des Widerstandes im Eisen nicht gelingt, so daß sie bald wieder in die durch den Erdmagnetismus bedingte Lage zurückkehren muß und eine einzelne Schwingung außerhalb der Gleichgewichtslage macht, d. i. einen momentanen elektrischen Strom zeigt, der sich durch elektro-elektrische Induktion sogar so intensiv machen lässt, daß man elektrische Funken erhält.

Eine ähnliche Bewandtniß hat es mit der magneto-elektrischen Induktion, welche sich ebenfalls ungezwungen aus den obigen Ansichten erklären lässt.

Der Magnetismus mit seiner starr fixirten, gleichsam erstorbenen Oszillation bleibt kalt und leblos, der elektrische Strom ist warm und lebendig, gleichwie in der organischen Welt Leben und Elektrizität unzertrennlich sind. Daher kann ein Magnet nur dann einen elektrischen Strom induziren, wenn die in ihm fixirten Schwingungen durch eine außer ihm oder mit ihm erzeugte Bewegung selbst bewegt werden, also in dem Augenblicke, in welchem man eine Kupferspirale über den Magneten, oder diesen in jene führt. Folgende Auffassung möchte über das Wesen der Erscheinung Aufschluß geben.

In dem Anziehungs- und Abstoßungsgesetze liegt, daß in gleichgerichteten Bewegungen das Bestreben der Anziehung, in entgegengesetzt gerichteten das der Abstoßung enthalten ist. In den Körpern überhaupt liegt das Bestreben, einander zu gleichgerichteten Bewegungen anzuregen oder zu induziren, wovon ein schlagender Beweis in den Erscheinungen des Rotationsmagnetismus liegt. Nun aber hat unter Anderem Kupfer wegen der Anordnung seiner Molekel nicht die Kraft (Koerzitivkraft), die durch äußere Anregung erlangte veränderte Lage der Molekel festzuhalten; sondern diese nehmen, sowie die anregende Kraft aufhört, sofort eine rückgängige Bewegung an, die aber wegen des Beharrungsvermögens über die ursprüngliche Lage hinausgeht, ehe sie die ursprüngliche wird.



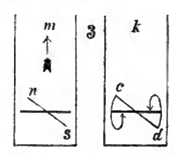
Ist nämlich m ein Magnet, der als solcher durch die neue Gleichgewichtslage sn seiner Theilchen angezeigt ist, und k ein Kupferdraht; so werden beim Hinbewegen des Magneten in der Richtung des Pfeiles die Theilchen des Kupferdrahtes um eine Viertelsoszillation aus ihrer Gleichgewichtslage or in die von cd gebracht (in dem s das o bis c mit sich führt). Sowie aber der Magnet ruht, so gehen sie sofort mit ³/₄ Schwingung in ihre natürliche Gleichgewichtslage zurück (wegen des Widerstandes der rückwärts liegenden nicht darüber hinaus, also grade wie bei einer Detonation*), und dies giebt einen vor-

*) Eine Detonation kann gebildet werden durch Herstellung eines leeren (oder fast leeren) Raumes, in welchen das umgebende Medium sofort stürzt (Verbrennen von Knallgas in atmosphärischer Luft, Kondensation von Dampfblasen in kaltem Wasser), oder durch plötzliche Entwickelung von Gas aus einem festen Körper von geringem Volumen (Abbrennen von Pulver, Knallsilber), wobei die umgebende Luft zuerst verdrängt wird, ehe sie sich in den Raum stürzt. In beiden Fällen geschehen etwas mehr als ¾ Oszillationen, wobei jedes Theilchen des Mediums im ersten Falle nach innen, im zweiten nach außen seinen Weg beginnt. Dort ist die erste Verdichtung im Zentrum, hier um dasselbe. Bei tropfbaren Körpern verhindert die Kohäsion, bei luftigen die Rückwirkung der Elastizität der rückwärts liegenden Theile das weitere Oszilliren. Ein Knall geht daher nicht in einen Klang oder anhal-

übergehenden elektrischen Strom, indem bei dieser $^3/_4$ Schwingung die Bewegung der ersten $^2/_4$ eine andere Richtung hat, als die des letzten $^1/_4$, was einer einseitigen Oszillation entspricht. In der Zeichnung ist die $^3/_4$ Schwingung durch den Bogen mit dem Pfeile angedeutet.

Der induzirte Strom hat bei der Annäherung eine dem induzirenden (wenn man die Bewegung des Magneten einen Strom nennt) entgegengesetzte Richtung, denn die durch das Hinbewegen des Magneten entstandene Viertelsoszillation (von or bis cd) ist nicht der Strom, sondern nur die vorübergehende Spannungslage, und jener tritt erst beim Aufhören der Bewegung des Magneten durch die rückwärts, also entgegengesetzt gerichtete Oszillation im Kupfer ein*).

Ruht der Magnet, so fehlt jede Erscheinung; die Molekel des Drahtes sind in der Gleichgewichtslage.



Wird nun beim Entfernen des Magneten die Bewegung in entgegengesetzter Richtung vorgenommen, so müssen die Oszillationen der Molekel des Drahtes zwar in derselben Weise, aber in entgegengesetzter Richtung stattfinden; also muß, wie es die Zeichnung angiebt, ein dem vorigen entgegen- und dem ursprünglich erregenden gleichgerichteter Strom entstehen.

Daß bei jeder neuen Bewegung des Magneten im Kupferdrahte ein neuer elektrischer Strom erregt werden muß, versteht sich von selbst, sowie, daß seine Intensität von der Stärke des Magneten und von der Beschaffenheit, Lage und Entfernung des Kupferdrahtes abhängig ist. Entgegengesetzte Magnetpole

---

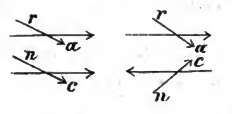
tenden Ton über; es ist nur ein vom Zentrum an fortschreitendes Wellensystem, nicht eine Reihe sich wiederholender, wie bei Kreiswellen von Flüssigkeiten.

*) Im Kupferdrahte existiren bereits Wärmeschwingungen, deren Intensität sich nach seiner Temperatur richtet; der Magnet zieht diese augenblicklich auf die eine Seite der Gleichgewichtslage, ohne sie im Kupfer festhalten zu können, und daher ist nur eine einzige elektrische Schwingung in diesen.

erzeugen bei derselben Bewegungsrichtung entgegengesetzte, bei entgegengesetzter Bewegungsrichtung aber gleichgerichtete elektrische Ströme. Bei der *elektro-elektrischen* Induktion entsteht der induzirte Strom nur bei Schließung und Oeffnung der Kette (Entstehung, Vernichtung) des induzirenden, wie wenn beziehungsweise ein Magnet genähert oder entfernt wird, wobei auch ³/₄ Oszillationen geschehen. In dem Momente, in welchem die entgegengesetzten Pole zweier gleichstarker Magnete einander in der Nähe eines Leitungsdrahtes mit einander in Berührung kommen, oder in welchem sie auseinander gerissen werden, geht durch den Draht eine Entladung.

In allen diesen Erscheinungen, auch in den bloßen *magneto-magnetischen* Induktionen, tritt das bestimmte Gesetz hervor: *parallele oder nach einerlei Richtung gehende Ströme ziehen einander an, die nach entgegengesetzter stoßen einander ab.*

Nach der obigen Auffassung von dem Wesen des Magnetismus und der Elektrizität liegt darin das Bestreben der Materie, unter allen Umständen *Einheit* zu bewahren oder zu erlangen; denn bei gleichgerichteten Strömen (Anziehung) haben die Molekel der beiden einander anziehenden Körper bereits eine gleiche Lagerung, und bei entgegengerichteten Strömen (Abstoßung) wollen sie eine gleiche erlangen. Im ersten Falle bleiben a mit c und r mit n in ihren Lagen und wollen in diesen Lagen einander näher kommen, *Anziehung*; im zweiten aber entfernt sich a von c, während r und n einander sich nähern, wobei



wegen geringerer Entfernung des a von c, als des r von n, jenes Bestreben, sich zu entfernen, größer, als das, sich zu nähern, ist, so daß das Gesammtresultat ein Entfernen oder *Abstoßung* wird.

Weil ein elektrischer oder magneto-elektrischer Strom und auch ein starker Stahlmagnet im Stande sind, die Ebene eines durch einen Körper, z. B. Glas gehenden polarisirten Lichtstrahles zu drehen und zwar um so mehr, je mehr der Körper Theile von einem magnetischen Metalle (Eisen, Kobalt, Nickel) enthält: so ist dies ein deutliches Zeiches davon,

daß Elektrizität und Magnetismus die Gleichgewichtslage nicht blos der Molekel, sondern auch des Aethers derjenigen Körper ändern, die in ihrer Wirkungssphäre liegen; daß ihr Wesen selbst nur in der Veränderung der Lage ihrer Molekel besteht und; daß sie wesentlich nicht verschieden sind.

Hiermit ist zugleich die frühere Behauptung, daß die Wirkung auf die Entfernung durch den Aether vermittelt werde, wieder bestätigt, da er sogar innerhalb der Körper an den Bewegungen der Molekel einen der Richtung nach entsprechenden Antheil nimmt *).

Wenn durch scheinbar verschiedene Mittel Dasselbe erreicht wird, so ist die Natur der Kraft in diesen Mitteln dieselbe, was durch die eben gegebene Darstellung wohl als bewiesen angesehen werden kann. Eine indirekte Bestätigung ist es noch, daß die Erwärmung ebenso, wie sie die vorhandene ¼ Oszillation des Magnetismus in die Gleichgewichtslage zurückführt oder das Festhalten derselben beseitigt, auch die Entstehung der lebendigen Oszillationen des elektrischen Stromes außerhalb der Gleichgewichtslage erschwert oder verhindert, d. h. daß sie den Leitungswiderstand des Drahtes für den elektrischen Strom vermehrt, indem bei der Wärme die Molekel mit ihren Schwerpunkten oszilliren, wodurch die Drehungen um sie erschwert oder verhindert werden **).

Nun bleibt noch übrig das Wesen der Spannungs-Elektrizität (der statischen E.) zu untersuchen.

---

*) Daß das Sonnenlicht, also auch der Aether, nicht blos einen durch die an der Erd-Oberfläche hervorgerufene Wärme vermittelten Einfluß auf den Magnetismus der Erde habe, sondern auch einen direkten, scheint durch das Zusammenfallen der Epochen der Sonnenflecken mit der zehnjährigen Periode der Maxima und Minima der magnetischen Abweichung angedeutet zu sein.

**) In denjenigen Meeren, in welchen die Temperatur mit zunehmender Tiefe abnimmt, wächst nach feststehenden Erfahrungen die Leitungsfähigkeit der elektrischen Kabel, und große Meerestiefen würden unter diesen Umständen das Telegraphiren begünstigen, wenn nicht, wie oben erwähnt, die Vermehrung des Druckes die Molekularbewegung hinderte.

Die verschiedenen Körper haben eine sehr verschiedene Fähigkeit, die elektrischen Schwingungen in sich fortzuleiten. Diejenigen, welche sie, wie die Metalle, in einem hohen Grade besitzen, heißen gute Leiter; treffen sie aber bei ihrem Fortschreiten einen schlechten Leiter, so stauen sie sich gewissermaßen oder die Schwingungen werden zu fixirten, wie bei einem Stahlstabe, den sie zu einem Magneten machen. So ist es auch, wenn die beiden Poldrähte eines elektro-magnetischen Induktionsstromes schnell nach einander mit den beiden Belegungen einer leydener Flasche in Berührung gebracht werden. Die Flasche ist augenblicklich mit großer Quantität, aber geringer Intensität oder Spannung geladen *).

Da die Schwingungen der Molekel der beiden Poldrähte entgegengesetzt sind, so haben auch die Molekel in den beiden Belegungen der Flasche eine entgegengesetzte, aber zur Ruhe gebrachte Schwingung erhalten, indem der zwischenliegende Isolator die Fortpflanzung und Ausgleichung der beiden Bewegungen hindert; es ist ein unbefriedigtes Streben nach Assimilation, eine Spannung vorhanden, die aufhören muß, sowie die beiden Belegungen durch einen guten Leiter verbunden werden, der die Abgleichung oder Herstellung des Gleichgewichtszustandes vermittelt (Entladung).

Dieser Zustand in jeder Belegung ist vollkommen der des Magnetismus, bei welchem die Ausgleichung der Spannungen der beiden Pole durch den Anker aus weichem Eisen geschieht, während Luft und andere Körper sie isoliren. Der Unterschied zwischen Spannungs-Elektrizität und Magnetismus wird nur durch die Natur der Körper hervorgebracht, an welchen die zur Ruhe gebrachte oder die in Ruhe gehaltene Viertels-Oszillation erscheint. Beide werden auch durch reibende Bewegung erzeugt, wobei es sowohl auf die Natur des geriebenen, als auch des reibenden Körpers ankommt, ob der eine oder der andere Zustand überhaupt hervorgebracht werden kann, und wenn er hervorgebracht ist, ob er auf die Dauer erzeugt worden.

*) Bei Anwendung eines magneto-elektrischen Stromes muß nach dem Obigen die Spannung noch geringer sein.

Beide werden auch durch Induktion erzeugt mit dem ihr Wesen nicht modifizirenden Unterschiede, daß der Magnetismus fast durch alle Körper in seiner Regungslosigkeit, sowie in seiner Wirkung auf die Entfernung nicht gestört wird, wohl aber die Elektrizität. Der Vorgang ist derselbe, mag man einem Eisenstabe einen Magneten oder einem isolirten Leiter einen elektrischen Körper entgegenhalten. Durch zwei isolirte heterogene Metalle von gleicher oder verschiedener Temperatur wird bei ihrer Annäherung oder Berührung, wenn auch nur an einer kleinen Stelle, mag sie erwärmt werden oder nicht, Spannungs-Elektrizität mit derselben Vertheilung erzeugt, wie ein Magnet den Magnetismus induzirte.

Ihre innige Verwandtschaft, ja Identität, zeigt sich auch darin, daß die Tragfähigkeit eines Magnetpoles in der Nähe eines geladenen Konduktors geschwächt oder verstärkt wird, wie wenn man ihm beziehungsweise den ungleichnamigen oder gleichnamigen Pol eines andern Magneten nähert.

Ein Beweis von der großen Analogie liegt auch in der Thatsache, daß die Bruchstücke eines durch Erwärmung elektrisch gewordenen Turmalins, so wie die eines Stahlmagneten an den Bruchstellen entgegengesetzte Polaritäten besitzen und daß die gleichnamigen Pole bei ihnen nach einerlei Richtung liegen.

Wie am Stahle sich magnetische, so bilden sich am Harze, wegen der Unfähigkeit beider, zu leiten, elektrische Zonen. Erwärmung bei jenem schwächt oder vertilgt den vorhandenen Magnetismus, verhindert bei diesem die Verbreitung oder die Entstehung der elektrischen Schwingung.

Stellt man die Glasscheibe der Elektrisirmaschine in den magnetischen Meridian (um den Einfluß des Erdmagnetismus zu beseitigen) und dreht sie von Süd nach unten, nach Nord u. s. f.: so bekommen die Massentheilchen des Glases durch die Reibung in der Südhälfte der Scheibe sowohl an der Ost-, als auch an der Westseite eine Richtung, die der in der Nordhälfte entgegengesetzt ist. In dieser durch die Natur des Glases fixirten Spannungslage müssen die beiden Quadranten der Südhälfte auf der Ost- und Westseite gegen eine mit ihnen parallel gehaltene kurze Magnetnadel ein anderes Verhalten zeigen, als in den

beiden Seiten der Nordhälfte: jene ziehen den Südpol, diese den Nordpol der Nadel an. Dreht man die Scheibe umgekehrt, so ist auch die Anziehung umgekehrt *).

Einen recht augenscheinlichen Beweis davon, daß die Spannungs-Elektrizität in einer einseitig fixirten Schwingung der Massentheilchen des elektrischen Körpers besteht, giebt noch folgendes Experiment. Bringt man einen Tropfen heißen Siegellacks auf den Konduktor einer in Thätigkeit versetzten Maschine, so bilden sich Fäden von verschiedener Feinheit, die man durch Wegziehen mit einer Siegellackstange verlängern kann. Die feinsten zeigen mit dem Mikroskope hohle Spiralen, die stärkeren nur an der Oberfläche, und zwar gehen sie auf dem positiven Konduktor von links nach rechts, auf dem negativen umgekehrt; die äußeren Spiralen zeigen dort breitere eingedrückte, hier breitere erhabene Windungen.

Diese Erscheinung ist die natürliche Folge der von allen Molekeln während des Ausziehens des Fadens ringsum nach derselben Richtung ausgeführten einseitigen Schwingungen. Bei einem äußerst dünnen, nicht in der Verlängerung begriffenen Faden würde ein hohler Zylinder entstehen; aber die wäh-

---

*) August hat schon 1850 den Einfluß der Scheiben-Elektrizität auf eine Magnetnadel wahrgenommen, ist aber zu keinem bestimmten Gesetze gelangt. Er hat Rotationen, vorzüglich isolirter magnetischer oder unmagnetischer Nadeln in der Nähe der in Umdrehung versetzten Scheibe einer Elektrisirmaschine bemerkt, von denen er sagt, daß sie vorwaltend in derjenigen Richtung erfolgen, welche der Drehungsrichtung der Scheibe entgegengesetzt ist, also oberhalb und unterhalb des horizontalen Durchmessers der Scheibe, sowie an den beiden Seitenflächen derselben entgegengesetzt, aber in der Lage des Durchmessers ausbleiben. Er leitet die Erscheinung davon ab, daß die der Nadel zunächst liegenden Theile der Scheibe eine weniger intensive Elektrizität besitzen, als die von dem Reibzeuge ankommenden und von ihm später ausgegangenen, so daß diese in schräger Richtung auf die Nadel anziehend wirken.

Hierbei ist aber Einiges zu bemerken. Sind die obigen Erscheinungen einem gewissen Gesetze unterworfen, so werden sie nicht vorwaltend, sondern unbedingt auf eine gewisse Weise sich zeigen; es wird nicht gleichgiltig sein, ob die Nadel magnetisch oder unmagnetisch, ob sie isolirt oder nicht isolirt ist. Wenn die von August angegebene Ursache die wahre wäre, so müßte die Nadel auch in der Richtung des Durchmessers affizirt werden

rend der Verlängerung des Fadens am Konduktor, von wo aus der Faden verlängert wird, thätigen Schwingungen müssen daraus spiralförmige Windungen machen, wenn sie stets nach derselben Seite geschehen. Bei einem dickeren Faden können sich die Windungen nur äußerlich zeigen, weil bei größerem Querschnitte in seinem Innern entgegengesetzte Schwingungen benachbarter Molekel einander aufheben, so daß die Kohäsion ungestört fortwirkt.

Wird geschmolzenes Siegellack dem elektrischen Konduktor gegenüber gehalten, und zieht man Fäden aus, so sind natürlich die Windungen denen im vorigen Falle entgegengesetzt gerichtete.

Erwärmtes Siegellack wird negativ, Glas positiv; daher giebt jenes in ausgezogenen Fäden äußere Spiralen von rechts nach links, dieses umgekehrte.

Schmelzt ein elektrischer Strom einen Eisendraht, so bilden sich zufolge der Kohäsion Kügelchen; doch sind diese wegen der elektrischen Schwingungen, welche nach außen einen geringeren Widerstand, als im Innern finden, wo die Molekel einander stoßen, hohl.

Aus dem oben Angeführten ergiebt sich das Gesetz:

---

und würde sich daselbst nicht drehen, sondern ihrer ganzen Länge nach der Scheibe parallel bleibend, dorthin gezogen werden, von wo die stärkere Elektrizität wirkt. Eine Wendung der Nadel würde nur erfolgen können, wenn bei ihrer horizontalen Lage das eine Ende derselben mehr affizirt würde, als das andere, was allerdings wohl geschehen mag, weil die Punkte der Scheibe, welche wegen größerer Nähe an der Axe eine geringere Drehungsgeschwindigkeit haben, also auch einen geringeren Verlust an Elektrizität durch die Luft erleiden. Da die beobachteten Drehungen der selbst magnetischen Nadel am sichersten erfolgen, wenn sie isolirt ist, so sind sie eine Folge der Vertheilung der Elektrizität auf ihr.

Aber ganz anders verhält es sich mit den Erscheinungen, wenn man den elektrischen Zustand der Scheibe mit dem magnetischen vergleichen will.

Es ist übrigens beim Experimentiren große Vorsicht nothwendig, damit die Nadel nicht, wie jeder andere Leiter, mit jedem gerade nahe kommenden, durch Induktion elektrisch gewordenen Ende angezogen werde, also: Entfernung derselben von ableitenden Ständern und leitenden Theilen der Maschine, Vermeidung von Schwankungen und Luftzug und möglichst schnelles Experimentiren, damit nicht die umgebende Luft u. a. zu sehr elektrisch werde.

der nach Norden gerichtete Pol eines Magneten, der Nordpol, verhält sich wie positive, der Südpol wie negative Elektrizität.

Es ist nun leicht erklärlich, daß elektrische Spannungs-Erscheinungen leichter in der Wärme vor sich gehen, als in der Kälte, weil durch jene die Massentheilchen wegen ihrer doppelseitigen Schwingungen mit zunehmender Elongation schon gelockert sind und nun die Molekel durch einseitige Reibung, wenn nur der Körper (wie z. B. dünnes Maschinenpapier) dazu geeignet ist, leicht die einseitig fixirte Lage anzunehmen. Soll die dazu nöthige Wärme erst durch Reibung selbst erreicht werden, so ist der Erfolg nicht so schnell vorhanden.

Ebenso natürlich ist es andererseits, daß bereits elektrisches Glas und Siegellack bei der Erwärmung unelektrisch wird, weil die eintretenden Wärmeschwingungen die fixirte Spannungslage nicht dulden, indem sie an den Massentheilchen vollständige Oszillationen erzwingen. Da Wärme vorhandenen Magnetismus auch schwächt, so ist dies ein neuer Beweis dafür, daß Spannungs-Elektrizität und Magnetismus wesentlich dasselbe sind.

Schallschwingungen können Körper zerstören, weil sie in abwechselnden Zusammenziehungen (Verdichtungen) und Ausdehnungen (Verdünnungen) der Massentheile bestehen *); aber elektrische Schwingungen an sich, sowie magnetische, zerstören nicht, weil keine Verdichtungen und Verdünnungen stattfinden, wohl aber jene, wenn durch die elektromotorische Kraft intensivere Wärmeschwingungen dabei eintreten.

Aus den im Obigen entwickelten Ansichten über die Erscheinungen lassen sich, wie mir scheint, außer den zur Begründung bereits angeführten noch alle übrigen Thatsachen ungezwungen erklären. Ich will einige Beispiele anführen und hierbei den Chemismus noch einigermaßen berücksichtigen.

*) Glasröhren, die ich zur chemischen Harmonika gebraucht hatte, sind mir sogar nachträglich ohne weitere Veranlassung gesprungen.

Weil Wärme allein in Schwingungen der Molekel der irdischen Körper jenseits **und** diesseits ihrer natürlichen Gleichgewichtslage **mit** den Schwerpunkten der Molekel, Elektrizität allein in Schwingungen blos jenseits **oder** diesseits dieser Lage **um** die Schwerpunkte der Molekel besteht: so kann Wärme in **einem** Körper von durchweg gleicher Beschaffenheit keine Elektrizität, aber Elektrizität in **einem** Körper wohl Wärme erzeugen.

Aus dem Angeführten ist zwar klar, daß sowohl Wärme als Elektrizität mechanische Erfolge erzielen lassen, daß aber die von letzterer verhältnißmäßig nur gering sein können, und daß alle Bestrebungen, sie im Großen zum Betriebe von Maschinen anzuwenden, absolut unfruchtbar sein müssen.

Der Magnetismus mit seiner einseitig fixirten Schwingung im Ruhestande ist unfähig zu erwärmen, und die Wärme selbst ist ihm nachtheilig; wird aber ein Magnet ununterbrochen gedreht, so erlangt er die Fähigkeit, zu erwärmen. Der elektrische Strom dagegen mit seinen beweglichen Schwingungen wird warm und lebendig, gleichwie in der organischen Welt Leben und Elektrizität (mit Wärme) unzertrennlich sind.

Der starre Magnetismus ist einer Hemmung oder Ableitung durch Berührung unfähig; nicht aber Schall, Elektrizität und Wärme mit ihren lebendigen Oszillationen. (Berührung eines akustisch, thermisch oder elektrisch schwingenden Metallstabes mit einem Leiter hemmt oder zerstört die Schwingungen.)

Die durch Reibung erhaltene Spannungs-Elektrizität zeigt sich im **Pendel-Elektroskope** (wie der Magnet im Pendel-Magnetoskope) eher als die durch Berührung erzeugte, weil dort die Spannung (Hauptschwingung) eine größere ist, d. h. weil dort die Molekel auf die Dauer weiter aus ihrer Gleichgewichtslage gebracht worden sind, als hier, wo die Ladung und Entladung bei geringer Amplitude fortwährend wechseln.

Bei dem Schalle, dem Lichte und der strahlenden Wärme sind die Schwingungen **fortschreitende**; daher ist in dem fortpflanzenden Medium ein Widerstand vorhanden, es entstehen Maxima und Minima der Verdichtung, und die Fortpflanzung ist eine **allmähliche**. Die Luft leistet bei der Fortpflanzung des Schalles einen verhältnißmäßig noch großen Widerstand

(1040 Fuß Geschwindigkeit in der Sekunde), der Aether aber einen äußerst geringen, und deshalb ist die Geschwindigkeit des Lichtes (42,000 Meilen) und der strahlenden Wärme so bedeutend, wozu noch kommt, daß hier die Schwingungen transversale sind, wodurch die Dichtigkeit des Aethers in der Richtung der Lichtradien nur äußerst wenig geändert wird *).

Bei dem Magnetismus und der Elektrizität sind stehende Schwingungen der Molekel um ihre Schwerpunkte ohne fortschreitende Verdichtung und Verdünnung; daher ist der Widerstand unendlich klein, und die Schwingungen müssen sich in einem Körper, welcher ein ununterbrochenes Ganzes bildet, fast momentan fortpflanzen.

Beim Magnetismus kann gar nicht von einer Geschwindigkeit der Fortpflanzung im Magneten die Rede sein, sondern nur von einer nach den allgemeinen Gesetzen sich äußernden momentanen Wirkung auf die Entfernung in einer beschränkten Sphäre **). Die Spannungs-Elektrizität verhält sich genau ebenso. Aber beim elektrischen Strome ist es anders, weil hier eine ununterbrochene Ladung und Entladung durch einen ununterbrochenen Leitungsdraht von Molekel zu Molekel in unmeßbar kurzer Zeit geht, indem hier nicht wie beim Schalle Verdichtungs- und Verdünnungswellen entstehen, sondern alle Molekel

---

*) Da die Schwingungen in derselben Richtung sich fortpflanzen, in welcher sie angeregt sind, so würden wir uns bei der Sonne vorstellen müssen, daß ihre Oszillationen in der Richtung der Oberfläche geschehen. Da die Bewegungsgröße der Sonne eine ungemein große, die Masse des Aethers eine äußerst geringe ist; so müßte schon deshalb die Geschwindigkeit des letzteren äußerst groß sein. Trifft die erste von 100 elastischen Kugeln, von denen jede folgende nur die halbe Masse der vorhergehenden hat, auf die letzte mit einer Geschwindigkeit von nur 1 Fuß in 1 Sekunde; so bekommt die letzte eine Geschwindigkeit von etwa 97 Millionen Meilen.

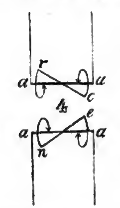
**) Wäre diese Sphäre nicht so beschränkt, so hätte ein bescheidener Franzose (D. H. P. E. M.) bereits im Jahre 1627 den magnetischen Telegraphen erfunden gehabt, denn er giebt in dem mir vorliegenden Büchelchen ganz richtig an, wie man von Paris nach Rom z. B. vive le roi telegraphiren würde; es fehlte ihm leider nur noch die Bekanntschaft mit dem Kupferdrahte als dem geistigen Bande zwischen beiden Magneten, die er sich in Paris und Rom aufgestellt denkt.

gleichzeitig dieselbe Elongation in der Hauptschwingung und dieselbe Amplitude in der Nebenschwingung haben *).

Gleichnamige Polaritäten verstärken, ungleichnamige schwächen oder heben einander auf ebenso beim Magnetismus, wie bei der Elektrizität; es ist eine Koinzidenz-Erscheinung und Interferenz vorhanden, wie bei Schall, Licht und Wärme.

Wichtig ist es noch, den Vorgang bei der elektrischen Entladung zu studiren und ihn auf die obige Theorie zurückzuführen. Es giebt eine diskontinuirliche mit Funken und eine kontinuirliche als elektrischer Strom. Es ist dort, als wenn ein Gewässer sich staute und die hindernden Schranken plötzlich (mit Funken und Schall) durchbräche; hier, als wenn ein Gewässer ruhig in seinem Bette dahinflösse.

Bei der Funken-Entladung treten zwei einander entgegengesetzt gerichtetete Schwingungen einander gegenüber, sei es in den beiden Poldrähten eines elektrischen Apparates oder in einem Drahte mit freier Elektrizität und einem entgegengehaltenen induzirten Leiter. Diese entgegengesetzten Schwingungen induziren auch den Körper zwischen ihnen mehr oder weniger, wodurch in ihnen selbst bei bestimmter Entfernung die elektrische Spannung beziehungsweise geringer oder größer wird.



Bedeuten aa die Gleichgewichtslagen, rc und ne die entgegengesetzten Schwingungszustände (um ¼ Oszillation aus der Gleichgewichtslage gebracht), woran auch der Zwischenkörper, und wäre es auch nur der Aether, theilnimmt; so müssen die Molekel bei der Abgleichung der elektrischen Zustände ¾ Oszillationen machen, nämlich ¼ Schwingung nach der Gleichgewichtslage zurück,

*) Die Gärtnermasken reichen im römischen Karneval von der Straße aus Blumenbouquets im Nu in höhere Stockwerke durch ein Instrument, das dem Kinderspielzeuge ähnlich ist, durch welches man unter Anderem zwei Reihen Soldaten in demselben Momente marschiren läßt. Dies mag als Bild des Vorganges dienen, daß der elektrische Strom in einer Sekunde 62 Tausend Meilen in einem Leitungsdrahte zu durchlaufen vermag. Also Verdichtungs- und Verdünnungswellen finden beim Telegraphiren in den Drähten nicht statt.

¼ darüber hinaus wegen des Beharrungsvermögens und ¼ wieder zurück in die natürliche Lage, in der sie aber auch dann wegen der Rückwirkung der übrigen zusammenhängenden Massentheile nach einer unmerklichen Schwankung bleiben, wie bei einer Detonation.

Da sich bei der elektrischen Abgleichung r und n um eine halbe Schwingung (oder ²/₄ der ganzen) gegen einander, c und e von einander bewegen; so entstehen zwischen den beiden einander entladenden Körpern durch die Vermittlung eines irdischen Zwischenkörpers Wärmeschwingungen und durch die des Aethers Lichtschwingungen, aber nur letztere, wenn der Raum dazwischen leer ist, wie bei dem sogenannten elektrischen Eie.

Da der Aether an den Bewegungen der Körper-Molekel theilnimmt, so ist er zwischen r und n verdünnt, zwischen c und e verdichtet. Beides ist der Grund, weshalb sowohl r und n, als auch c und e in die Gleichgewichtslage zurückkehren und dabei den Aether zu transversalen Lichtschwingungen anregen, was den Funken giebt. (Vrgl. S. 24.)

Weil der Aether alle irdischen Körper durchdringt, so ist auch in allen Körpern eine Funken-Entladung wahrnehmbar, die nur nach der Beweglichkeit der Körpermolekel bei den verschiedenen Aggregatszuständen einige Verschiedenheit zeigt: bei den festen ein Glühen, Schmelzen, Zerstäuben; bei den tropfbarflüssigen und luftigen Körpern Glanz und Schall, weil zu den Aetherbewegungen eine Trennung der Molekel der Flüssigkeit tritt, die nach geschehener Entladung durch das Zusammenschlagen den Schall verursacht. Es ist nichts Befremdendes, daß 521 Millionen stehende Aetherschwingungen in einer Sekunde an einer bestimmten Stelle ein bedeutendes Bewegungsmoment haben. Die Farbe des elektrischen Funkens, d. i. die Schwingungszahl des Aethers, richtet sich theils nach dem Medium, in welchem er erscheint, theils nach dem Stoffe der Elektroden, von welchen unendlich kleine Partikelchen abgerissen werden; beide bedingen das Bewegungsmoment, also die Anzahl der Schwingungen.

Da die Schwingungsweiten und Schwingungszahlen nach der Verschiedenheit der Erreger und Zwischenkörper auch ver-

schieden sind, so ist es natürlich, daß die Erscheinungen an den beiden Polen, so lange sie noch hinreichend abstehen, verschieden sein werden. An dem positiven Pole, an welchem sich der negative Sauerstoff bildet (mit viel Leuchtkraft und wenig Wärme), erscheint zuerst dunkle Wärme mit ihren weiten Oszillationen; an dem negativen Pole, an welchem sich der positive Wasserstoff erzeugt (mit wenig Leuchtkraft und viel Wärme), erscheint zuerst Licht, unabhängig von Verbrennung. Erst aber, wenn Licht und Wärme bis zu einem gewissen Grade gesteigert sind, geben sie Flamme. Nach dem negativen Pole hin koinzidiren die Licht-, nach dem positiven hin die Wärmewellen, so daß dort in dem Lichtbogen zwischen ihnen ein weißer heller Punkt, hier mehre dunkle Streifen entstehen (Licht-Interferenz, Wärmekoinzidenz).

Die Drehung der Polarisations-Ebene eines Lichtstrahles durch den elektrischen Strom ist eine natürliche Folge der gleichzeitig nach jenseits oder diesseits der Gleichgewichtslage aller Atome gerichteten oszillatorischen Bewegung, wodurch die Dichte des Aethers oder eigentlich das Dichtigkeitsmaximum dieselbe Verrückung erfährt.

Weil bei der Abgleichung der elektrischen Gegensätze die Molekel zu **beiden** Seiten der Gleichgewichtslage schwingen, woran auch die Zwischenkörper theilnehmen; so kann man den Akt der Neutralisation als eine Umwandlung von Elektrizität in Wärme ansehen und sagen:

Wärme ist neutralisirte Elektrizität,

was die Wärme-Erscheinung an der Thermokette offenbar bestätigt, wenn durch sie ein fremder elektrischer Strom geleitet wird.

Daß nicht nur bei der Annäherung der beiden Poldrähte, sondern auch bei ihrer Entfernnng ein Funken entstehen muß, ist klar, weil die vorhin vollendeten drei Viertel der Oszillation wieder rückwärts zurückgelegt werden müssen, damit die Molekel in die alte Spannungslage kommen, wodurch natürlich ein momentaner Strom von entgegengesetzter Richtung entsteht.

Das Glas von Ladungsflaschen wird bisweilen durchbrochen. Je größer nämlich die elektrische Spannung bei der Ladung einer Flasche wird, desto weiter kommt jedes Massentheilchen des Glases

aus seiner Gleichgewichtslage, und da die beiden Belegungen entgegengesetzte Elektrizitäten haben, so müssen die fixirten Schwingungen der Theilchen, die einander nach den beiden Grenzflächen hin gegenüber liegen, nach der einen Seite einander zugewendet, nach der anderen von einander abgewendet sein. Sind jene einander schon sehr zugewendet, so erfolgt die Anziehung und Entladung durch das Glas, welches durchbrochen wird, weil bei der Entladung, wie oben gezeigt worden, jedes Theilchen zwei Viertelschwingungen zurück und nur eine Viertelschwingung vorwärts machen mußte. Der letzte Theil bleibt hier aus, weil die beiden vorangehenden bereits die Durchbohrung bewirkt haben. Daraus ist ganz leicht erklärlich, warum bei einem durchbohrten Kartenblatte ein erhabener Rand zu beiden Seiten erscheinen muß.

Beim Spalten des Zuckers oder anderer Krystalle entsteht ein Lichtschein, der das Zeichen einer im Momente der Trennung entstehenden und sich sofort abgleichenden elektrischen Ladung ist. Unmittelbar vor der Trennung macht jedes Theilchen an der Grenzscheide $1/4$ und nach der Trennung $3/4$ der Oszillation, was den Blitz mit seiner Transversalschwingung erzeugt. Die beiden Fragmente werden dabei entgegengesetzt elektrisch.

Die Annäherung eines Magneten an einen magnetischen Leiter, also z. B. an Eisen, bringt zwar, wie ein elektrischer Körper an einem Elektrizitätsleiter, eine Vertheilung hervor, aber von einer sogenannten Mittheilung *), wie bei der Elektrizität, ist bei ihm nicht die Rede, weil der Magnet nur eine Spannungslage und in dieser keine Vernichtung eines Gegensatzes erzeugen kann. Die Aufhebung einer lebendigen Kraft ist nur durch Bewegung eines Körpers oder seiner Molekel möglich.

Vom starren Magneten kann man Funken nur dann er-

*) Von wirklicher Mittheilung ist keine Rede. Ist nämlich der Körper **A** positiv elektrisch, so hebt er den indifferenten Zustand des genäherten isolirten Leiters **B** auf, indem das genäherte Ende von **B** negativ, das entferntere positiv wird. Wenn nun bei hinreichender Näherung die negative des **B** durch die positive des **A** aufgehoben wird, so hat **B** allerdings nur positive Elektrizität; er hat dieselbe aber von **A** nicht mitgetheilt erhalten, selbst wenn **A** seine Elektrizität ganz oder theilweise verloren hat.

halten, wenn man die entgegengesetzten Schwingungen seiner Pole bewegt und während dieser Bewegung eine Ausgleichung durch einen Leiter bewirkt: magneto-elektrische Funken.

Nach der obigen Auffassungsweise des Vorganges bei der elektrischen Entladung ist es als eine Nothwendigkeit anzusehen, daß schon ein einziger Entladungsschlag geeignet sein muß, Stahl zu magnetisiren. Denn die ihn von der Spannungslage an durchlaufende Schwingung vollendet bei der elektrischen Entladung durch ihn nur noch die letzten drei Viertel in ihm, von denen die zwei ersten nach derselben Richtung, das letzte aber allein nach der dieser entgegengesetzten geschieht und jene zwei Viertel nicht aufheben kann, so daß das übrige eine Viertel als Magnetismus zurückbleibt. Ein gleich intensiver Schlag bei Umkehrung der Elektroden hebt den Magnetismus wieder auf.

Die Magnetisirung durch den einfachen Schlag der Spannungs-Elektrizität wird aber der durch den Strom bewirkten gerade entgegengesetzt sein müssen. Wenn nämlich in diesem Falle die Schwingungen jenseits der Gleichgewichtslage stattfinden und in jenem Falle die fixirte Spannungsschwingung auch jenseits liegt, so muß die Schwingung bei dem Rückschlage, welcher das größere Bewegungsmoment hat (²/₄ der ganzen ³/₄ Schwingung), die Molekel diesseits fixiren. Das Jenseits und das Diesseits giebt aber entgegengesetzte Magnetismen.

Geschieht die Entladung durch verschiedene Flüssigkeiten, so ist sie nach der Natur dieser Flüssigkeiten und der Gestalt der Elektroden theils eine kontinuirliche, theils eine diskontinuirliche, mit Funken und Knall die Flüssigkeit durchbrechende und dabei die Erwärmung des Leitungsdrahtes um so größer, je größer der Leitungswiderstand ist, weil die bewegende Kraft dauernder auf die Massentheilchen des Drahtes einzuwirken gezwungen wird. Bei Luft tritt die diskontinuirliche Entladung um so eher ein, je dünner sie ist; lässt man aber zu verdünnter Luft Gas oder Dampf, so wird die Entladung schwächer. Ein Platindraht ist bei der Entladung ganz mit intermittirenden leuchtenden Stellen bedeckt, während ein Kupferdraht dies sehr wenig zeigt; also leitet dieser besser, als jener.

Es ist nothwendig und steht auch experimentell fest, daß die schwächere Funken-Entladung eine kleinere Erwärmung, aber stärkere Magnetisirung bewirken muß, weil zur Funken-Entladung eine größere Spannung, also ein größerer Ausschlag für die Hauptschwingung (Magnetismus) erforderlich ist. — Soll also die diskontinuirliche oder die Funken-Entladung in einer Flüssigkeit vor sich gehen, so verlangt sie eine um so größere Ladung, je besser sie leitet, indem der Funken-Entladung eine kontinuirliche vorhergeht, welche einen Theil der Spannung ohne Funken aufhebt. Daher kommt die Verminderung der Erwärmung im Schließungsbogen durch Funken-Entladung bei dem Zusatze von Salz zu Wasser (Vermehrung der Leitungsfähigkeit des Mediums zwischen den Elektroden), so wie durch Zunahme der Länge der Flüssigkeitsschicht, durch welche die Entladung geht. — Je mehr Metallfläche mit der Flüssigkeit in Berührung kommt, desto eher wird die Funken-Entladung zur kontinuirlichen. Zur Funken-Entladung ist nothwendig, daß wenigstens eine der Elektrodenflächen einen nur kleinen Querschnitt, etwa von 1/6 Linie Durchmesser, darbietet.

Ist bei Anwendung von verschiedenen elektrischen Batterien die Spannung oder das Produkt aus der Oberfläche der Belegungen und der angewandten Elektrizität (Funkenzahl des Funkenmessers) dieselbe, so steht die Erwärmung des elektrischen Leitungsdrahtes bei übrigens gleichen Umständen in geradem Verhältnisse mit der angewendeten Elektrizität; wenn aber durch eine bestimmte Elektrizitätsquelle eine Verschiedenheit der Spannung auf Batterieen von verschiedenen Dimensionen erzeugt wird, so giebt die größere Spannung bei der Entladung im Schließungsdrahte eine größere Wärme. Die Vergrößerung des für die Erwärmung nöthigen Bewegungsmomentes wird in jenem Falle durch die Vermehrung der Massentheile gleicher Spannung, in diesem durch das Vermehren der Spannung oder der Weite der Schwingung in der Batterie bedingt.

Die kontinuirliche Entladung besteht in einer ununterbrochen abwechselnd in unmeßbarer Zeit stattfindenden Ladung und Entladung. Die Molekel oszilliren dabei um die Spannungslage, wobei der Hinweg (die Ladung, die positive Be-

wegung) über dieselbe eine kürzere Zeit in Anspruch nimmt, als der Rückweg (die Entladung), weil die elektromotorische Kraft stets die vorwärts, oder auf dem Hinwege liegende Spannungslage verlangt, wodurch die Ladungsbewegung, eine Stoßbewegung, unterstützt wird.

Daß diese Ansicht richtig ist, davon liefert die Rotation einer Flüssigkeit um einen festen Leitungsdraht, durch welchen der Strom geht, den Beweis. Die angrenzenden Flüssigkeitstheilchen bekommen nämlich ringsum einseitige Stöße, die Ladungsstöße, nach derselben Richtung. Ein beweglicher, von Elektrizität durchströmter Leitungsdraht muß sich durch Reaktion entgegengesetzt bewegen. — Auch die (durch Rieß ermittelte) Thatsache, daß die Umkehrung der Entladungsdrähte eine Verschiedenheit in der Erwärmung erzeugt, spricht dafür, daß die Ladungsamplitude ein größeres Bewegungsmoment in einer bestimmten Zeit besitzt, als die rückgängige Entladung.

Je größer die Elektrodenfläche ist, welche positive Elektrizität in eine Flüssigkeit führt, und je besser die Flüssigkeit leitet, desto geringer ist die erwärmende und mechanische Wirkung im metallischen Schließungsbogen, da der wesentlichste Theil der Kraft auf die Flüssigkeit übergetragen ist. Die Erwärmung ist also größer, wenn die positive Elektrizität von einer Draht-Elektrode ausgeht, als von einer Kugel. Die Erwärmung nimmt zu mit der elektrischen Spannung bei bestimmter Entfernung der Elektroden und ab mit der Entfernung bei bestimmter Spannung. Die veränderte Entladung in der Flüssigkeit ändert auch die Erwärmung.

Ein Magnet ist für sich unfähig, die erwähnten Ladungsstöße zu ertheilen und Rotationen einer Flüssigkeit um sich zu bewirken. Wenn aber eine Flamme um einen Magnetpol in einer gewissen Richtung, um den ungleichnamigen nach der entgegengesetzten rotirt*), so ist dies eine Reaktions-Erscheinung des elektrischen Stromes der Flamme. Ebenso

*) Wenn man bei der Darstellung des elektrischen Kohlenlichtes, namentlich durch einen Induktionsstrom, statt des Kohlenpoles einen Magnetpol anwendet, so rotirt der Flammenbogen um den Magneten.